



TAMPEREEN
AMMATTIKORKEAKOULU

Harkkorakenteisen pientalon rakennesuunnittelu

Joel Linnas

Opinnäytetyö
Toukokuu 2017
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Talonrakennustekniikka



TIIVISTELMÄ

Tampereen ammattikorkeakoulu
Rakennustekniikan koulutusohjelma
Talorakennustekniikka

LINNAS, JOEL:
Harkkorakenteisen pientalon rakennesuunnittelu

Opinnäytetyö 66 sivua, joista liitteitä 12 sivua
Toukokuu 2017

Tämän opinnäytetyön aiheena oli Tampereen Tahmelaan rakennettavan harkkorakenteisen 4-kerroksisen pientalon rakennesuunnittelu. Työn toimeksiantajana toimi tämän opinnäytetyön tekijän työnantaja. Työn tavoitteena oli tehdä rakentamiseen vaaditut rakennesuunnitelmat, käyttäen lähtötietoina arkkitehdin piirtämiä lupakuvia, pohjatutkimuksia ja suunniteltavan kohteen LVIS-suunnitelmia.

Suunnittelu alkoi lähtötietoihin tutustumisella yhdessä niiden laatijoiden kanssa. Tämän jälkeen aloitettiin rakennuksen kuormien määrittäminen ja rakenteiden suunnittelu. Kuormien määrittämiseen käytettiin Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry:n eurokoodeihin perustuvia ohjeita sekä Suomen rakentamismääräyskokoelmaa.

Rakennesuunnittelussa pyrittiin hyödyntämään mahdollisimman paljon harkkotoimittajan, Lammin Betoni Oy:n, suunnitteluohjeista löytyviä mitoitusaulukoita. Osa rakenteista jouduttiin kuitenkin mitoittamaan ilman taulukoita, jolloin käytettiin harkkovalmistajan ohjeita ja Suomen rakentamismääräyskokoelman osaa B9. Rakennuksen vaakarakenteina käytettävien ontelolaattojen punostuksen suunnittelusta vastasi ulkopuolinen jännebetonirakenteiden suunnittelija, joka teki laskelmansa tämän opinnäytetyön tekijän suunnitelmien pohjalta.

Kohteen lähtötietoja jouduttiin tarkentamaan ja muuttamaan työn aikana, rakennuttajan, työn tekijän ja arkkitehdin tarpeiden mukaan. Työn lopputuloksena tämän opinnäytetyön tekijä toimitti toimeksiantajalle rakennuksen rakentamiseen tarvittavat rakennesuunnitelmat.

ABSTRACT

Tampereen ammattikorkeakoulu
Tampere University of Applied Sciences
Degree Programme in Construction Engineering
Building Construction

LINNAS, JOEL:
Structural Design of a Detached Concrete Block House

Bachelor's thesis 66 pages, appendices 12 pages
May 2017

The subject of this thesis was the structural design of a detached, 4-storey concrete block house in Tahmela, Tampere. The client of this thesis was the author's employer. Structural drawings required for construction were made as a part of this thesis. Architectural drawings, a ground survey and HVAC plans served as a basis for making the structural drawings.

The process started by studying the architectural drawings and HVAC plans in co-operation with their authors, and after that the loads of the building were defined and the structural planning started. The guidelines of Finnish Association of Civil Engineers and The National Building Code of Finland were used for the calculations.

Design guidelines and data sheets provided by the concrete block manufacturer, Lammin Betoni Oy, were used for making the structural plans where applicable. However, they could not be used for some parts of the structural plans, and guidelines from section B9 of The National Building Code of Finland were used instead. Hollow-core slabs, used as horizontal structures of the building, were designed by an expert specialized in the area, who based his work on the structural plans made by the author of this thesis.

Some aspects of the architectural drawings and the HVAC plans were revised to suit the needs of the constructor, the author of this thesis and the architect. The structural drawings were provided to the client at the end of the project.

Key words: structural design, detached house, concrete block structure, concrete block

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	6
2	LÄHTÖTIEDOT	7
2.1	Tavoitteet	7
2.2	Rakennuspaikka	7
2.3	Rakennussuunnittelu	7
2.4	Määräykset.....	9
3	KUORMITUKSET	10
3.1	Pysyvät kuormat	10
3.1.1	Yläpohja	10
3.1.2	Välipohjat.....	11
3.1.3	Seinät.....	12
3.1.4	Maanpaine	13
3.2	Muuttuvat kuormat	14
3.2.1	Tuulikuorma.....	14
3.2.2	Lumikuorma.....	16
3.2.3	Hyötykuorma	18
4	RAKENNESUUNNITTELU	19
4.1	Perustukset	19
4.1.1	Seinäanturat.....	20
4.1.2	Pilarianturat	22
4.2	Seinät	23
4.2.1	Maanpaineiseinät.....	24
4.2.2	Muut kantavat ulkoseinät	29
4.2.3	Ei-kantavat ulkoseinät.....	31
4.2.4	Ullakon puurakenteiset seinät	31
4.2.5	Kantavat väliseinät	32
4.2.6	Ei-kantavat väliseinät	34
4.2.7	Aukkojen ylitykset	34
4.3	Alapohja.....	41
4.4	Välipohjat.....	42
4.5	Yläpohja.....	44
4.5.1	Käännetty katto	44
4.5.2	Ullakon puurakenteinen katto	46
4.6	Rakennuksen jäykistys.....	50
4.7	Tontin pintavesien poisto.....	50
5	POHDINTA.....	52

LÄHTEET	54
LIITTEET	55
Liite 1. Arkkitehdin piirustukset	55
Liite 2. Sopimuksen mukaan julkaistavat rakennekuvat	62

1 JOHDANTO

Tässä opinnäytetyössä esitellään Tampereen Tahmelaan rakennettavan harkkorakenteisen pientalon rakennesuunnitteluprosessi. Kuormitukset -osiossa esitellään kuormien määrittämisen yleiset periaatteet sekä tässä opinnäytetyössä suunniteltavan rakennuksen kuormat ja niiden määrittäminen. Opinnäytetyössä esitellään suunniteltavan kohteen rakennesuunnittelun vaiheet ja kulku rakenneosittain.

Rakennus toteutetaan Lammin Betoni Oy:n ja sen yhteistyökumppaneiden tuotteita käyttäen. Ulkoseinät suunnitellaan rakennettavaksi Lammin Betoni Oy:n lämpökivistä, jotka täyttävät vaaditut U-arvo- ja ääneneristysvaatimukset. Kantavat, vaakasuuntaiset rakenteet toteutetaan pääasiassa Parma Oy:n ontelolaatoin.

Suunniteltava rakennus on ulkomuodoltaan hyvin yksilöllinen ja melko massiivinen. Isoa massaa rikotaan näyttävillä julkisivumateriaaleilla ja suurilla ikkunoilla. Kohteen tulevaa ulkomuotoa on havainnollistettu kuvassa 1.

Opinnäytetyö rajataan suunniteltavan kohteen rakennesuunnitteluun ja työn tavoitteena on tuottaa kohteen rakennekuvat. Kohde on tarkoitus toteuttaa vuoden 2017 aikana.



KUVA 1. Havainnekuva tässä opinnäytetyössä suunniteltavasta kohteesta.

2 LÄHTÖTIEDOT

2.1 Tavoitteet

Työn tavoitteena on tuottaa rakennesuunnitelmat Tampereen Tahmelaan rakennettavaan harkkorakenteiseen pientaloon, joka on tarkoitus rakentaa vuoden 2017 aikana. Rakenteet suunnitellaan arkkitehdin suunnitelmien pohjalta ottaen huomioon talotekniikan kulureitit ja niiden vaatimat reiät rakenteissa. Suunnittelun kohteena oleva rakennus on neljäkerroksinen ja se rakennetaan rinnetontille.

Työ aloitetaan tutustumalla arkkitehdin suunnitelmiin ja tilaajan toivomiin rakennusmateriaaleihin sekä näistä johtuviin haasteisiin.

2.2 Rakennuspaikka

Rakennuspaikka sijaitsee Tampereen Tahmelassa. Rakennuspaikka on avokallioinen rinnetontti tiheään rakennetulla alueella. Ennen rakentamisen aloittamista tontti on lähes luonnontilassa. Tontti rajoittuu Suuruspäänkadun, naapuritonttien ja puistoalueen väliin (Tampereen kaupunki, ajantasa-asemakaava).

Kulku rakennuspaikalle tapahtuu Suuruspäänkatua pitkin, joka on kapea. Alue on tiuhaan rakennettu, joten rakennusaikainen logistiikka on suunniteltava ja aikataulutettava huolellisesti jotteivät tien muut käyttäjät kärsi rakentamisesta.

2.3 Rakennussuunnittelu

Kohteen rakennussuunnittelusta vastaa Arkkitehtitoimisto Tilasto Oy. Rakennus on suunniteltu asemakaavan mukaisesti siten, että siinä on kellari, kaksi asuinkerrosta ja ullakko. Kerroskorkeus on noin kolme ja puoli metriä.

Kellarikerrokseen on sijoitettu iso kahden auton autotalli, tekninen tila, kodinhoitohuone sekä muut aputilat. Rinnetontista johtuen kellarikerros sijaitsee suurimmaksi osin maanpinnan alapuolella. Kerrosalaan laskettavaa alaa kellarista tulee vain 10 m². Makuuhuoneet ja työhuone on sijoitettu ensimmäiseen kerrokseen, keittiö ja oleskelutilat toiseen kerrokseen. Toisessa kerroksessa on myös suurehko parveke, joka sijoittuu ensimmäisen kerroksen päälle. Ullakolle on suunniteltu peseytymistilat, kattosauna ja katettu sekä lasitettu terassi. Ullakko on suunniteltu pinta-alaltaan muuta rakennusta pienemmäksi ja se sijoittuu lähes keskelle rakennusta. Kerrosalaa ullakolla on 35 m². Arkkitehdin piirtämät pohjakuvat kerroksista liitteessä 1.

Ulkoseinän rakenteeksi on valittu yhdessä arkkitehdin ja tilaajan kanssa Lammin Betoni Oy:n lämpöharkko LL400, joka täyttää U-arvovaatimuksen $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$. Valittu ulkoseinärakenne mahdollistaa erilaiset ulkoverhoukset, minkä arkkitehti on käyttänyt hyödyksi. Julkisivumateriaaleina käytetään rappaista, puuverhousta sekä kuparilevyjä.

Rakennussuunnitelmien mukaan rakennuksen katto muuten on tasakatto, paitsi ullakolla sijaitsevan kattosaunan osalta, joka tehdään harjakattoisen. Tasakaton osuudella ulkoseinät nousevat kattoa ylemmäs muodostaen kaiteet katon ympärille. Näin tasakatto on mahdollista hyödyntää kattoterassin laajennoksena. Arkkitehdin perusleikkaukset rakennuksesta liitteessä 1.

2.4 Määräykset

Tässä opinnäytetyössä suunniteltavan kohteen suunnittelussa noudatetaan voimassa olevia lakeja, asetuksia, määräyksiä ja ohjeita.

Rakennus on luokiteltu lupavaiheessa paloluokkaan P3, mikä tarkoittaa, että erityisiä palonkestovaatimuksia ei ole. Palo-osastointi tehdään rakennusluvan myöntämisen yhteydessä tarkastettuja arkkitehdin lupakuvien mukaisia osastointeja noudattaen. Kohteen ai-noat osastoivat rakenteet ovat autotallin ja muun rakennuksen erottavat rakenneosat.

3 KUORMITUKSET

3.1 Pysyvät kuormat

Pysyvät kuormat muodostuvat rakenteiden omapainoista, jotka lasketaan käyttäen rakenneosien nimellismittoja ja tilavuuspainoja. Pysyviin kuormiin lasketaan kantavat rakenteet, ei-kantavat rakenteet sekä rakenneosien päälle tai niitä vasten tehtävät maatyöt ja kiinteät laitteet. (RIL 201-1-2011. 2011. 63.)

3.1.1 Yläpohja

Suunniteltavassa kohteessa on kaksi erilaista yläpohjatyyppeä. Näistä pinta-alaltaan suurempi on käännetty katto, jonka kantavana rakenteena toimii ontelolaatat. Rakennuksen ullakkokerros tulee keskelle käännettyä kattoa ja se toteutetaan suurimmalta osin puurakenteisena. Ullakkokerroksen yläpohjan kantavana rakenteena toimii NR-palkit.

Käännetyin katon rakenteeksi valitaan Parman P27 ontelolaatat niiden ollessa taulukon 1 mukaan taloudellisin ratkaisu jänneväliä ajatellen. Kohteen pisimmät ontelolaattojen jännevälit ovat 9,4 metriä ja laataston päälle tulee paikoitellen suuria kuormia.

TAULUKKO 1. Parma ontelolaattojen taloudelliset jännevälit (Parma Oy. 2013. 40.)

Laattatyyppi		Kylpyhuone-syvennys laatan keskellä		Kylpyhuone-syvennys laatan päässä
P18, P18M	8,0 m			
P20	8,5 m			
P27	10,5 m	P27K	8,0 m	10,0 m
P32	12,5 m	P32K	8,5 m	11,0 m
P37	13,0 m	P37K	8,5 m	11,0 m
P40, P40R	16,0 m			
P50, P50R	18,0 m			

Ontelolaataston päälle tulee 80 mm kallistusvalu, bitumihuopa, 250 mm polyuretaanieristettä ja 100 mm pintalaatta. Rakenteen omapaino saadaan kertomalla rakennekerroksien paksuus metreinä niiden tilavuuspainolla.

P27 ontelolaatan omapaino saumattuna on 380 kg/m^2 mikä vastaa $3,8 \text{ kN/m}^2$ (Betoniteollisuus Ry). Kallistus- ja pintavaluun käytettävän teräsbetonin tilavuuspaino on 25 kN/m^3 ja polyuretaanieristeen $0,45 \text{ kN/m}^3$. Käännetyn katon omapainoksi saadaan

$$\begin{aligned} g_{op,kk} &= 3,8 \text{ kN/m}^2 + (0,08 \text{ m} + 0,1 \text{ m}) \cdot 25 \text{ kN/m}^3 + 0,25 \text{ m} \cdot 0,45 \text{ kN/m}^3 \\ &= 8,4 \text{ kN/m}^2 \end{aligned}$$

Kattosaunan puurakenteisen yläpohjan omapainon laskenta-arvoksi oletetaan tässä työssä yksinkertaistaen $1,0 \text{ kN/m}^2$. Laskenta-arvo on todellista omapainoa huomattavasti suurempi ja näin ollen varman puolella.

3.1.2 Välipohjat

Kohteessa käytetään myös välipohjien kantavana rakenteena ontelolaattoja. Ontelolaatat siirtävät välipohjarakenteen omapainon lisäksi niiden päälle tulevat kuormat kantaville seinälinjoille. Kohteen välipohjiin valittiin Parman P27 ontelolaatat niiden ollessa taulukon 1 mukaan taloudellisin ratkaisu välipohjan kuormia ja jänneväliä ajatellen.

Välipohjan aiheuttama kuormitus kantaville seinille saadaan laskemalla yhteen ontelolaattojen omapaino saumattuna ja ontelolaataston päälle tehtävän pintavalun omapaino.

P27 ontelolaatan omapaino saumattuna on $3,8 \text{ kN/m}^2$. Ontelolaatan päälle tulee 80 mm paksuinen pintalaatta, jonka omapaino neliömetrille saadaan kertomalla pintavalun paksuus metreinä teräsbetonin tilavuuspainolla 25 kN/m^3 . (Betoniteollisuus Ry.)

Välipohjarakenteen omapaino:

$$g_{op,vp} = 3,8 \text{ kN/m}^2 + 0,08 \text{ m} \cdot 25 \text{ kN/m}^3 = 5,8 \text{ kN/m}^2$$

Välipohjalaatastolta kantavalle seinälle tuleva metrikuorma saadaan kertomalla välipohjarakenteen omapaino ontelolaatan jännevälin puolikkaalla. Välipohjan päällä olevien ei-kantavien seinien aiheuttama kuormitus jakautuu kantaville seinille niiden välisten etäisyyksien suhteen.

3.1.3 Seinät

Seinien omapainosta syntyvä kuormitus lasketaan viivakuormaksi, jonka yksikkönä on kN/m. Ei-kantavat väliseinät aiheuttavat kuormituksen väli- tai alapohjalle ja kantavat seinät siirtävät kuormat perustuksille. Seinärakenteiden aiheuttamaa kuormitusta laskettaessa on tiedettävä rakennetyypit, seinien korkeudet sekä käytettyjen materiaalien tilavuuspainot.

Tässä työssä suunniteltavassa rakennuksessa seinärakenteina käytetään Lammin Betoni Oy:n LL400 lämpökiviä, MH200 ja MH150 muottiharkkoja sekä VSK100 väliseinäkiviä. Ullakon ulkoseinärakenteet tehdä osin puusta, jotta yläpohjan holville tulevat kuormat eivät kasva liian suuriksi.

Harkkorakenteisten seinien omapainot:

- LL400 täyteen valettuna $5,5 \text{ kN/m}^2$
- MH200 täyteen valettuna $4,5 \text{ kN/m}^2$
- MH150 täyteen valettuna $3,5 \text{ kN/m}^2$
- VSK100 täyteen valettuna $2,34 \text{ kN/m}^2$
- VSK100 ilman betonointia $1,12 \text{ kN/m}^2$

(<http://www.lamminbetoni.fi/fi/rakennuskivet>)

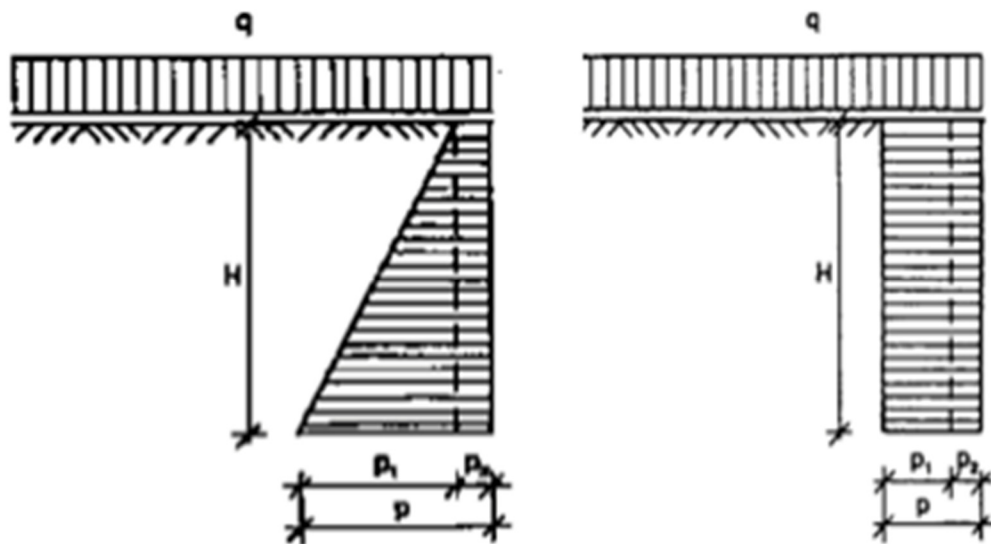
Ulkoseinien neliöpainoihin lisätään $0,5 \text{ kN/m}^2$ ulkoverhouksesta johtuen. Kohteessa käytetään useaa eri julkisivumateriaalia, mutta tehty lisäys on varman puolella. Seinärakenteen neliöpainot saadaan muutettua holvia tai perustuksia kuormittavaksi viivakuormaksi (kN/m) kertomalla seinärakenteen neliöpaino seinän korkeudella.

Puurakenteisen ulkoseinän omapainon laskenta-arvoksi oletetaan tässä työssä yksinkertaistaen $3,0 \text{ kN/m}$ seinän ollessa $3,0$ metriä korkea. Laskenta-arvo on todellista omapainoa suurempi ja näin ollen varman puolella.

3.1.4 Maanpaine

Maanpaine on maan painosta seinälle syntyvä kuormitus, jonka suuruuteen vaikuttaa täyttökorkeus sekä täyttöön käytettävän maa-aineen ominaisuudet, kuten kitkakulma ja tilavuuspaino. Maanpaine lasketaan pysyväksi kuormaksi. (RIL 201-1-2011. 2011. 59.)

RakMK B9:n mukaan valettujen harkkorakenteiden maanpainetta laskiessa voidaan käyttää kuvan 3 mukaisia kuormitusjakaumia.



KUVA 3. Maanpaineen jakautuminen valuharkkoseinällä. (RakMK B9. 1993. Osa 2. Kappale 3.2.3.)

Maanpainekuorma lasketaan yleensä käyttäen kuvan 3 tapausta a), jolloin harkkoseinä oletetaan pystyraudoitetuksi ja vaakaraudoituksena on vain harkkovalmistajan ohjeiden mukainen minimirauditus. Tapaus a):n mukainen murtorajatilan maanpainekuorma p seinän alapäässä täytön ollessa kitkamaata saadaan kaavalla

$$p = p_1 + p_2 = 6,5H + 0,5q,$$

missä p_1 on maanpaineesta johtuva kuormitus, p_2 on maanpinnalla olevasta hyötykuormasta johtuva kuormitus, H on täyttökorkeus ja q on maanpinnalla vaikuttava hyöty-

kuorma. Lammin lämpökivien suunnitteluohjeen mukaan maanpinnalla vaikuttavan hyötykuorman arvo on $q \geq 2,5 \text{ kN/m}^2$. (RakMK B9. 1993. Osa 2. Kappale 3.2.3; Lammin Betoni Oy. 2013. 10-11.)

Jos seinä on myös pystysivuiltaan tuettu siten, että tukien etäisyys toisistaan on enintään kaksi kertaa seinän korkeus ja seinä pysty- sekä vaakaraudoitetaan, voidaan käyttää kuvan 3 tapauksen b) mukaista kuormitusjakaumaa. Tällöin maanpaine oletetaan tasanjakaantuneeksi kuormaksi koko matkalla. Tasanjakaantuneen kuorman arvo saadaan kaavalla

$$p = p_1 + p_2 = 3,3H + 0,5q,$$

missä p_1 on maanpaineesta johtuva kuormitus, p_2 on maanpinnalla olevasta hyötykuormasta johtuva kuormitus, H on täyttökorkeus ja q on maanpinnalla vaikuttava hyötykuorma. Lammin lämpökivien suunnitteluohjeen mukaan maanpinnalla vaikuttavan hyötykuorman arvo on $q \geq 2,5 \text{ kN/m}^2$. (RakMK B9. 1993. Osa 2. Kappale 3.2.3; Lammin Betoni Oy. 2011. 14-15.)

Maanpainetta laskiessa voidaan huomioida myös niin sanottu tärylisä, joka johtuu täyttöjen tiivistykseen käytettävistä laitteista. Tärylisän suuruuteen vaikuttaa käytettävä tiivistyskalusto, mikä puolestaan riippuu kerralla täytettävän täyttökerroksen paksuudesta ja täytön materiaalista. Hyvänä perusarvona tärylisälle voidaan käyttää 5 kN/m^2 suuruista pintakuormaa.

3.2 Muuttuvat kuormat

Muuttuvia kuormia ovat kaikki muut ulkoiset kuormat kuin pysyvät kuormat. Tässä työssä muuttuvia kuormia ovat tuuli-, lumi- ja hyötökuorma.

3.2.1 Tuulikuorma

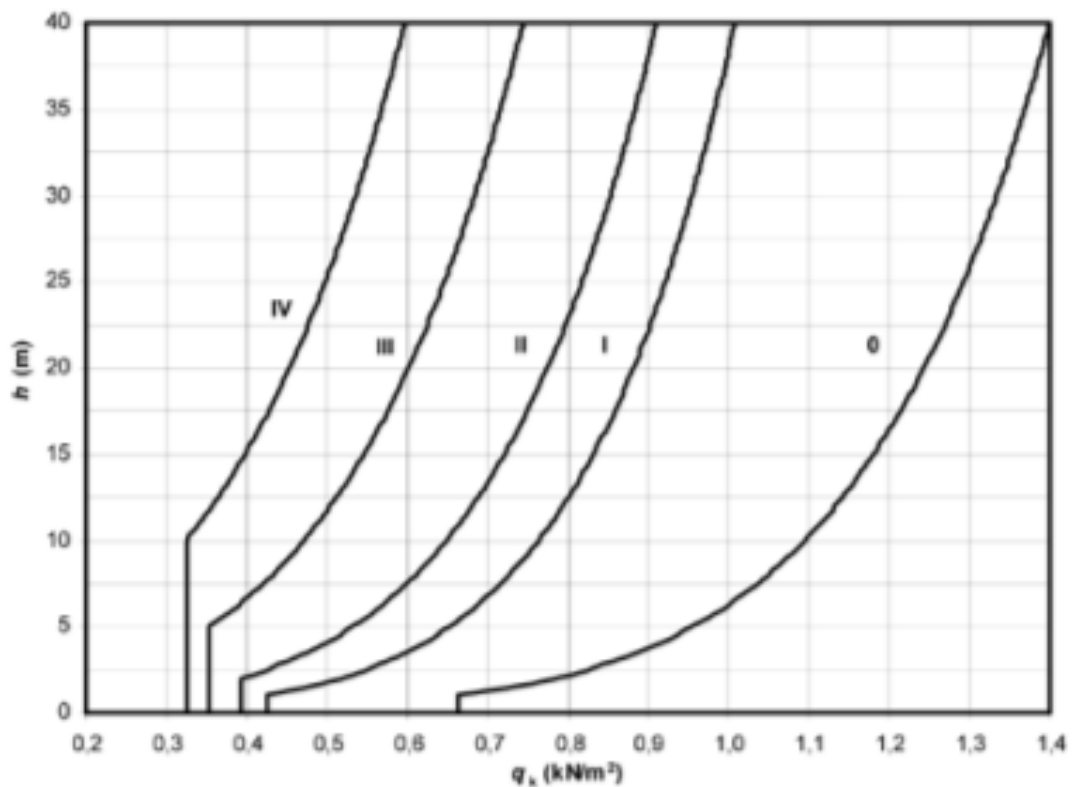
Tuulikuorma on rakennukseen tuulesta aiheutuva vaakavoima, jonka suuruus riippuu rakennuspaikasta ja rakennuksen mitoista. Tässä työssä määritetään suurin tuulen aiheuttama paine ja imu. Saaduista arvoista suurempaa käytetään mitoittavana vaakavoimana.

Rakenteen ulkopintoihin vaikuttava tuulenpaine w_e saadaan kaavalla

$$w_e = q_p(z_e) \cdot c_{pe}$$

missä $q_p(z_e)$ on tuulen puuskanopeuspaine rakennuksen harjan korkeudella ja c_{pe} on ulkoisen paineen painekerroin. (RIL 201-1-2011. 134)

Tuulen nopeuspaine määritetään kuvion 1 mukaan rakennuksen harjakorkeuden ja maastoluokan avulla. Tässä työssä suunniteltavan kohteen maastoluokka on III, sillä rakennuspaikka sijaitsee esikaupunkialueella. Näillä lähtötiedoilla tuulen nopeuspaineeksi saadaan kuviosta 1 $q_p(15 \text{ m}) = 0,55 \text{ kN/m}^2$. (RIL 201-1-2011. 132, 134.)



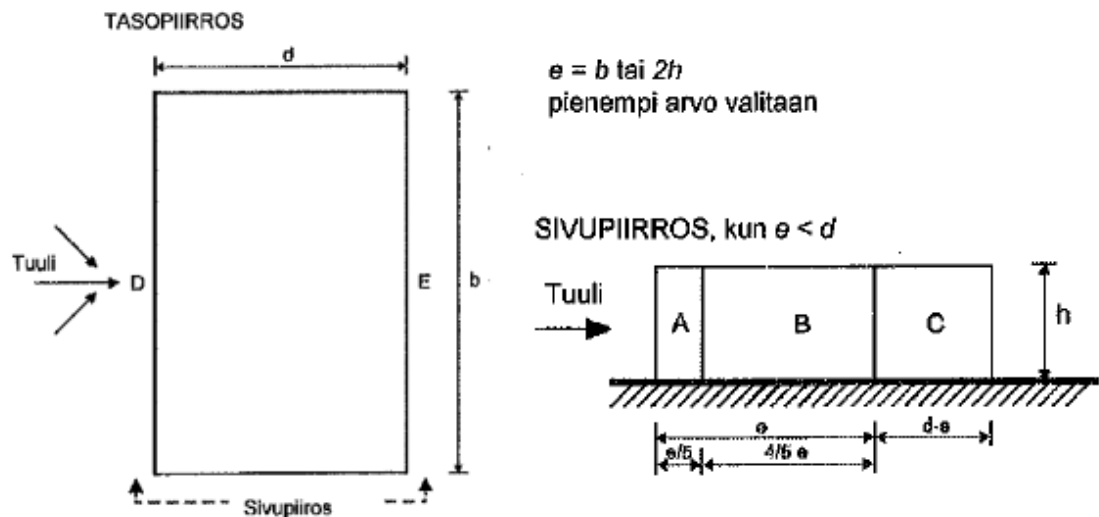
KUVIO 1. Tuulen nopeuspaineen ominaisarvo maastoluokan ja rakennuksen korkeuden mukaan. (RIL 201-1-2011. 132.)

Tuulen painekerroin määritetään taulukon 2 mukaan kohdasta $c_{pe,10}$, sillä rakennuksen pinta-ala on enemmän kuin 10 m^2 . Taulukossa 2 mainitut vyöhykkeet A, B, C, D ja E määritetään kuvan 4 mukaan. Tässä työssä tarvitaan vain painekertoimen suurin arvo, joten käytetään taulukosta 2 löytyvää suurinta arvoa kertoimelle $c_{pe,10}$. Paine kertoimen

arvoksi saadaan $c_{pe,10} = -1,2$. Tavanomaisissa kohteissa voidaan käyttää yksinkertaistettua menetelmää, jossa painekertoimen arvona käytetään 1,3. Tässä työssä käytetään painekertoimen arvoa $c_{pe,10} = 1,3$, joka on varman puolella. (RIL 201-1-2011. 143-144, 146.)

TAULUKKO 2. Tuulen painekertoimen arvot eri vyöhykkeillä. (RIL 201-1-2011. 146.)

Vyöhyke	A		B		C		D		E	
h/d	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$	$c_{pe,10}$	$c_{pe,1}$
5	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,7	
1	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,8	+1,0	-0,5	
$\leq 0,25$	-1,2	-1,4	-0,8	-1,1	-0,5		+0,7	+1,0	-0,3	



KUVA 4. Tuulen painekertoimen vaikutusvyöhykkeet. (RIL 201-1-2011. 146.)

Mitoittavaksi rakenteeseen vaikuttavaksi tuulenpaineeksi saadaan

$$q_{w,k} = w_e = q_p(15\text{ m}) \cdot c_{pe,10} = 0,55\text{ kN/m}^2 \cdot 1,3 = 0,72\text{ kN/m}^2$$

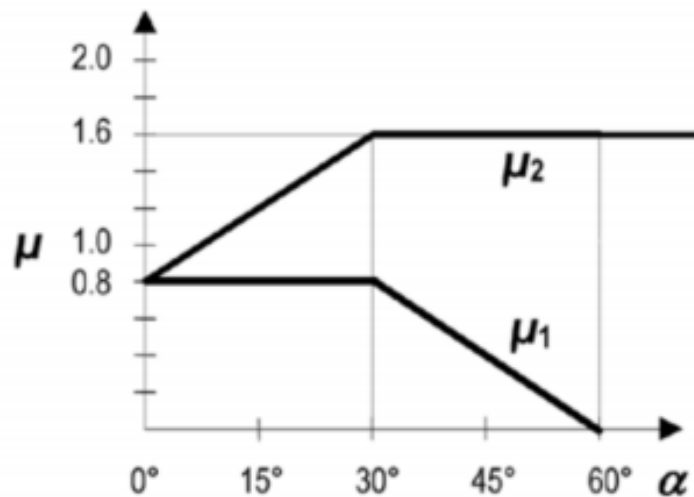
Rakennukseen tai rakenneosaan vaikuttava kokonaistuulivoima saadaan kertomalla tuulenpaineen laskenta-arvo pinta-alalla johon se vaikuttaa.

3.2.2 Lumikuorma

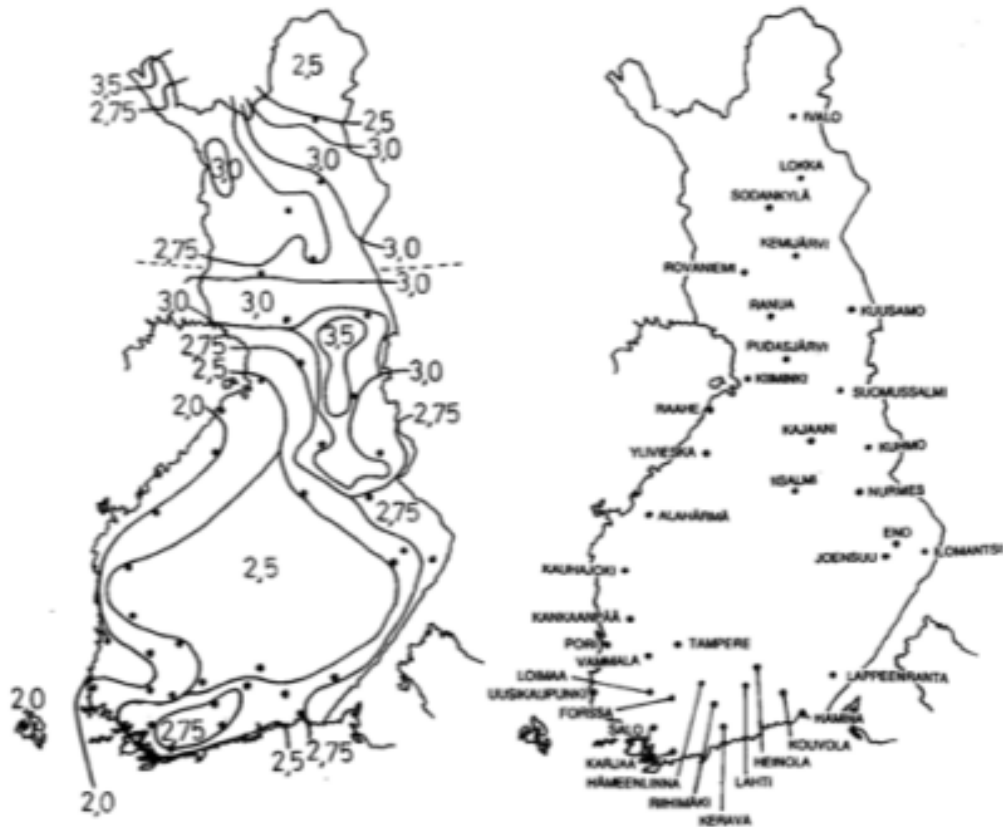
Katon lumikuorma s saadaan kertomalla lumikuorman ominaisarvo maassa lumikuorman muotokertoimella, tuulensuojaisuuskertoimella ja lämpökertoimella. Tavallisissa tapauksissa tuulensuojaisuus- ja lämpökertoimelle käytetään arvoa 1,0. Tässä työssä katon lumikuorman arvona s käytetään

$$s = \mu_1 \cdot C_e \cdot C_t \cdot S_k = 0,8 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 2,5 \text{ kN/m}^2 = 2,0 \text{ kN/m}^2$$

missä μ_1 on kuviosta 2 saatu lumikuorman muotokerroin, C_e on tuulensuojaisuuskerroin, C_t on lämpökerroin ja S_k on kuvasta 5 saatu lumikuorman ominaisarvo maassa. (RIL 201-1-2011. 2011. 92, 94-95.)



KUVIO 2. Lumikuorman muotokertoimet (RIL 201-1-2011. 2011. 95)



KUVA 5. Lumikuorman ominaisarvot maassa (RIL 201-1-2011. 2011. 92)

3.2.3 Hyötykuorma

Jokaisen tilan hyötykuorma määritellään erikseen tilan käyttötarkoituksen mukaan. Hyötykuormien ominaisarvot määritetään erikseen sekä ala-, väli- että yläpohjalle. Tässä työssä suunniteltavan kohteen hyötykuormien ominaisarvot ovat:

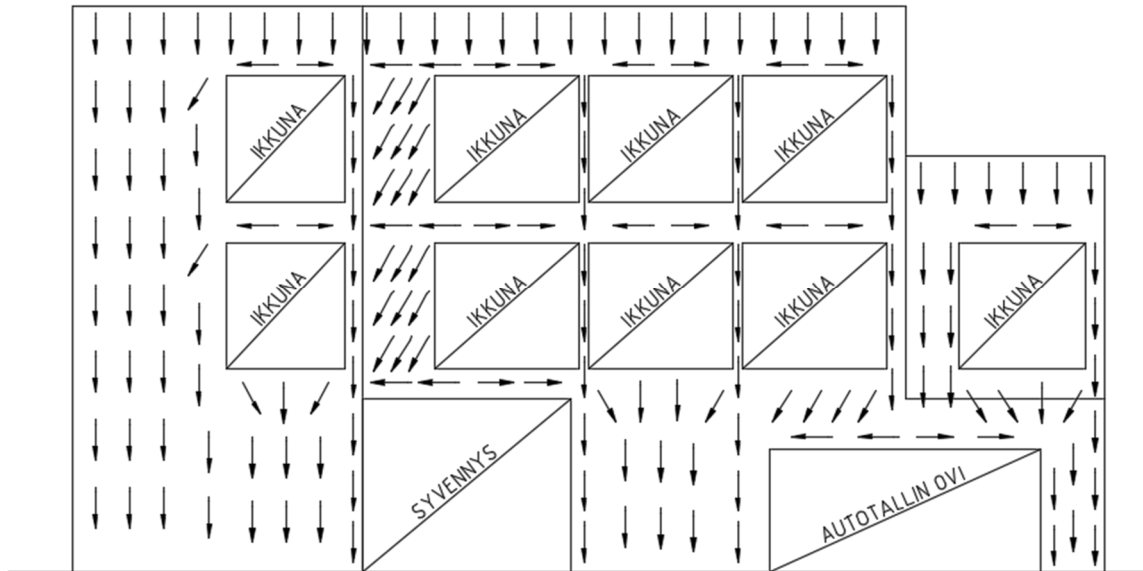
- Alapohja $2,0 \text{ kN/m}^2$ (kuormaluokka A)
- Välipohjat $2,0 \text{ kN/m}^2$ (kuormaluokka A)
- Yläpohja $2,0 \text{ kN/m}^2$ (kuormaluokka I)

(RIL 201-1-2011. 2011. 64,67-68)

Tilassa voi vaikuttaa myös pistekuorma, jonka suuruus on sama kuin neliökuorman. Kuormitusalueena pistekuormalle käytetään $50 \times 50 \text{ mm}^2$, kun kuorman arvo on 2 kN tai vähemmän. Pistekuorma voi vaikuttaa missä tahansa tilan alueella, mutta ei samanaikaisesti neliökuorman kanssa. (RIL 201-1-2011. 2011. 67.)

4 RAKENNESUUNNITTELU

Rakennesuunnittelun tarkoitus on tuottaa suunnitelmat, joiden mukaan rakennettaessa rakennus tai rakenne kestää sille tulevat kuormitukset. Rakenteet suunnitellaan siten, että ne siirtävät kuormat maapohjaan.



KUVA 6. Periaatteellinen kuva kuormien kulkeutumisesta Suuruspääkadun puoleisen julkisivun rakenteissa.

Tässä opinnäytetyössä tehtävä rakenteiden mitoitus tehdään pääasiassa JP-mitoitusohjelmalla. Ohjelmaan syötettävät kuormat ovat ominaiskuormia ja ohjelma laskee niihin tarvittavat korotuskertoimet.

Harkkorakenteet pyritään mitoittamaan Lammin Betoni Oy:n suunnitteluohjeista löytyvien taulukoiden avulla, mutta rakenteet joihin taulukot eivät riitä, mitoitetaan RakMK B9:n ja harkkovalmistajan ohjeiden mukaan. Puurakenteet mitoitetaan JP-mitoitusohjelmalla tai käsin laskien eurokoodien mukaan. Rakenneosien rakennemallit esitetään tarvittaessa mitoituksen yhteydessä.

4.1 Perustukset

Rakennuksen perustukset suunnitellaan kestäväksi niille tulevat kuormitukset. Perustuksia suunniteltaessa tulee ottaa huomioon myös sallittu pohjapaine, eli millaisen kuorman

maaperä kestää. Tässä työssä suunniteltava kohde rakennetaan kalliopohjaiselle tontille, mutta louhinnan ja täyttötöiden vuoksi kallion täyttä lujuutta ei voida hyödyntää. Kohteen sallituksi pohjapaineeksi on määritelty kaikki seikat huomioiden 250 kN/m^2 .

Anturoiden raudoituksen määrittämiseen käytetään JP-mitoitusohjelmaa.

4.1.1 Seinäanturat

Kohteen seinäanturat tehdään teräsbetonista paikalla valaen. Muottina käytetään Lammi-Perustus Oy:n TASSU-valmismuottia, kun anturan leveys on yksi metri tai vähemmän. Tarvittaessa TASSU-valmismuottiin asennetaan lisäraudoitus. Kantavien seinälinjojen kohdalla kuormat kasvavat paikoin niin suuriksi, että anturoiden leveys kasvaa yhtä metriä leveämmäksi ja anturamuotit joudutaan tekemään sahatavaralla. Seinäanturan korkeus koko rakennuksen osalta on 300 mm.



KUVA 7. Lammin Betoni Oy:n TASSU-valmismuotti seinäanturalle. (<http://lammi-perustus.fi/tuotteet/tassuanturamuotti/>)

Seinäanturoita kuormittaa ei-kantavilla seinälinjoilla pelkästään seinän omapaino, joka saadaan kertomalla valmiin seinärakenteen omapaino neliömetrille seinän korkeudella. Kantavilla seinälinjoilla kuorma koostuu seinän omapainosta ja väli- sekä yläpohjilta tulevista pysyvistä ja muuttuvista kuormista. Tämän lisäksi anturoita suunniteltaessa on otettava huomioon mahdollinen seinään kohdistuva maanpaine.

Esimerkiksi rakennuksen lounaspäädyn ei-kantavasta seinästä anturalle tuleva ominaiskuorma saadaan lausekkeesta

$$G_{k,ant} = 9,7 \text{ m} \cdot 6 \text{ kN/m}^2 = 58,2 \text{ kN/m}$$

missä 9,7 m on seinän korkeus ja 6 kN/m^2 on valmiin ulkoseinärakenteen paino neliömetriltä.

Koska sallittu pohjapaine on 250 kN/m^2 , anturan vaadittu leveys saadaan jakamalla anturalle tuleva kuorma sallitulla pohjapaineella, jolloin tässä tapauksessa anturan leveydeksi saadaan 0,23 metriä. Anturan päältä lähtevä sokkeli on ulkoseinän tavoin Lammin LL400 harkkoa, jonka leveys on 400 mm. Tästä johtuen kapein kohteessa käytettävä anturaleveys on 600 mm, joka voidaan tehdä käyttäen Lammi TASSUa.

Kantavilla seinälinjoilla seinäanturalle tuleva kuorma lasketaan lisäämällä seinän painoon molempien välipohjien ja yläpohjan pysyvät ja muuttuvat kuormat. Tässä kohteessa kantavien seinälinjojen suurimmat perustuskuormat ovat noin 280 kN:n luokkaa, jolloin anturan vaadittu leveys on

$$b = \frac{280 \text{ kN/m}}{250 \text{ kN/m}^2} = 1,12 \text{ m} \approx 1,2 \text{ m}$$

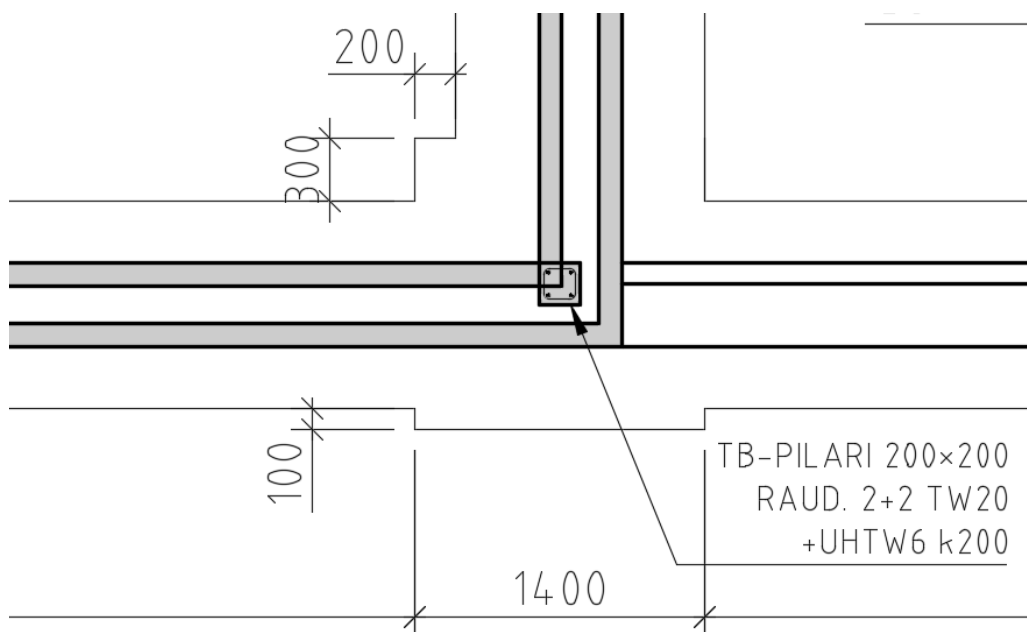
Lammin-Perustus Oy:n TASSU-valmismuotin seinäanturamallin suurin saatava leveys on 1000 mm, joten sitä leveämmät anturat muotitetaan perinteiseen tyyliin sahatavaralla. (Lammi-Perustus Oy. TASSU.)

Leveiden, suurten kuormien alla olevien seinäanturoiden mitoituksessa tulee ottaa huomioon mahdollisen poikkiraudoituksen tarve. Yleensä seinäanturoissa riittää anturan pituussuuntainen raudoitus, mutta kuorman ja anturan leveyden kasvaessa tulee tarkastaa, miten antura käyttäytyy. Käytännössä anturan alapintaan syntyy poikittaista vetoa, mikä altistaa anturan halkeamille ja jopa rikkoutumiselle.

4.1.2 Pilarianturat

Pilarianturat siirtävät nimensä mukaisesti pilareilta tulevat kuormat maaperään. Pilari-kuormat ovat seinäanturoille tulevia metrikuormia suurempia pistemäisiä kuormia, jolloin ne tarvitsevat allensa leveämmän anturan, jottei sallittu pohjapaine ylitä.

Tässä työssä suunniteltavassa rakennuksessa on anturoiden päältä lähteviä varsinaisia pilareita vain kaksi, hissikuilun edessä molemmin puolin kuilua. Kuitenkin päällekkäisissä kerroksissa samassa kohdassa olevien aukkojen pieliin, varsinkin kantavilla seinillä, kertyy suuria kuormia. Nämä kuormat vaativat paikoin harkkorakenteisen seinän sisäkuoreen paikalla valetun pilarin. Näiltä pilareilta perustuksille tulevat kuormat ovat suuria pistemäisiä kuormia, jotka vaativat levityksiä anturoihin. Tällainen sisäkuoreen valetun pilarin vaatima pilariantura on esitetty kuvassa 8.



KUVA 8. Pilariantura sisäkuoreen valetun pilarin alla

Pilarianturalta vaadittu pinta-ala saadaan jakamalla anturalle tuleva pistekuorma sallitulla pohjapaineella ja pilarianturan vaaditut sivumitat ottamalla pinta-alasta neliöjuuri. Jos anturalle tulee esimerkiksi 500 kN suuruinen pistekuorma, anturan vaadittu pinta-ala on

$$A = \frac{500 \text{ kN}}{250 \text{ kN/m}^2} = 2 \text{ m}^2$$

ja anturan vaaditut sivumitat ovat

$$b = \sqrt{2 \text{ m}^2} = 1,41 \text{ m} \approx 1,5 \text{ m}$$

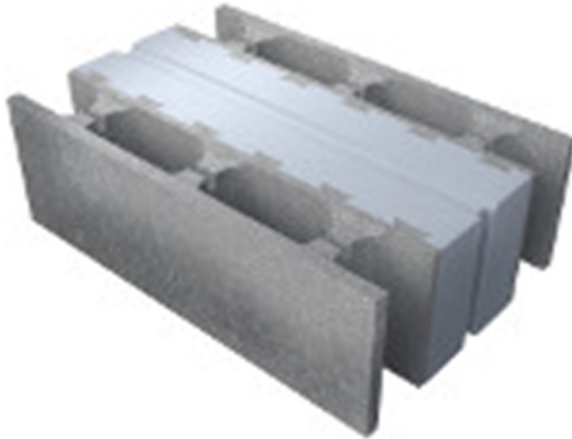
Käytännössä seinäanturan keskelle tulevat pilarianturat toteutetaan levittämällä seinäanturan leveyttä pilarianturan vaaditun sivumitan matkalla siten, että pilarikuorma tulee keskelle levitettyä osuutta. Pilarianturoiden korkeudet vaihtelevat niille tulevan kuorman suuruudesta riippuen 300 mm ja 500 mm välillä.

Pilarianturoiden mitoituksessa ja raudoituksessa tulee huomioida lävistysleikkautuminen. Lävistysleikkautuminen tarkoittaa sitä, että pilari pääsee painumaan anturan läpi. Sama ilmiö tulee vastaan paikalla valettua väli- tai yläpohjalaattaa tarkasteltaessa, kun laatta on kannolla pilarin varassa. Lävistysleikkautuminen estetään anturan leikkausraudoituksella ja tarvittaessa anturan korkeuden kasvattamisella.

4.2 Seinät

Kohteen seinät suunnitellaan toteutettaviksi harkkorakenteisina ja mitoitus pyritään tekemään taulukoiden avulla. Silloin, kun taulukot eivät riitä, mitoitus suoritetaan JP laskentaohjelmalla. Ullakkokerroksen ulkoseinistä osa tehdään puurakenteisina, jolloin niiltä holville tuleva kuormitus on huomattavasti pienempi.

Harkkoina käytetään Lammin Betoni Oy:n harkkoja. Ulkoseinät tehdään LL400 lämpökivistä (kuva 9), kantavat väliseinät MH-200 muottiharkoista (kuva 10) ja väliseinät joko MH-150 muottiharkoista tai VSK-100 väliseinäkivistä.



KUVA 9. Lammin Betoni Oy:n LL400 lämpökivi.

(<http://www.lamminbetoni.fi/fi/ll400>)



KUVA 10. Lammin Betoni Oy:n MH-200 muottiharkko.

(<http://www.lamminbetoni.fi/fi/mh200>)

4.2.1 Maanpaineseinät

Suunniteltavan rakennuksen kellarikerroksen seinistä maanpaineiseiniä ovat kaakkoissivun seinä kokonaan ja koillispäädyn seinä osittain. Maanpaineiseinät rakennetaan Lammin Betoni Oy:n LL400 lämpökivistä. Maanpaineesta aiheutuva vaakakuorma lasketaan tässä työssä luvussa 3.1.4 esitetyllä tavalla. Maanpaineen suuruus vaihtelee maanpaineisien matkalla, sillä täytön korkeus muuttuu tontin kaltevuuden mukaisesti.

Kaakkoissivun seinää suunniteltaessa on huomioitava myös se, että autotallin ja sen yhteydessä olevan varaston lattiapinta on metrin alempana kuin muualla rakennuksessa.

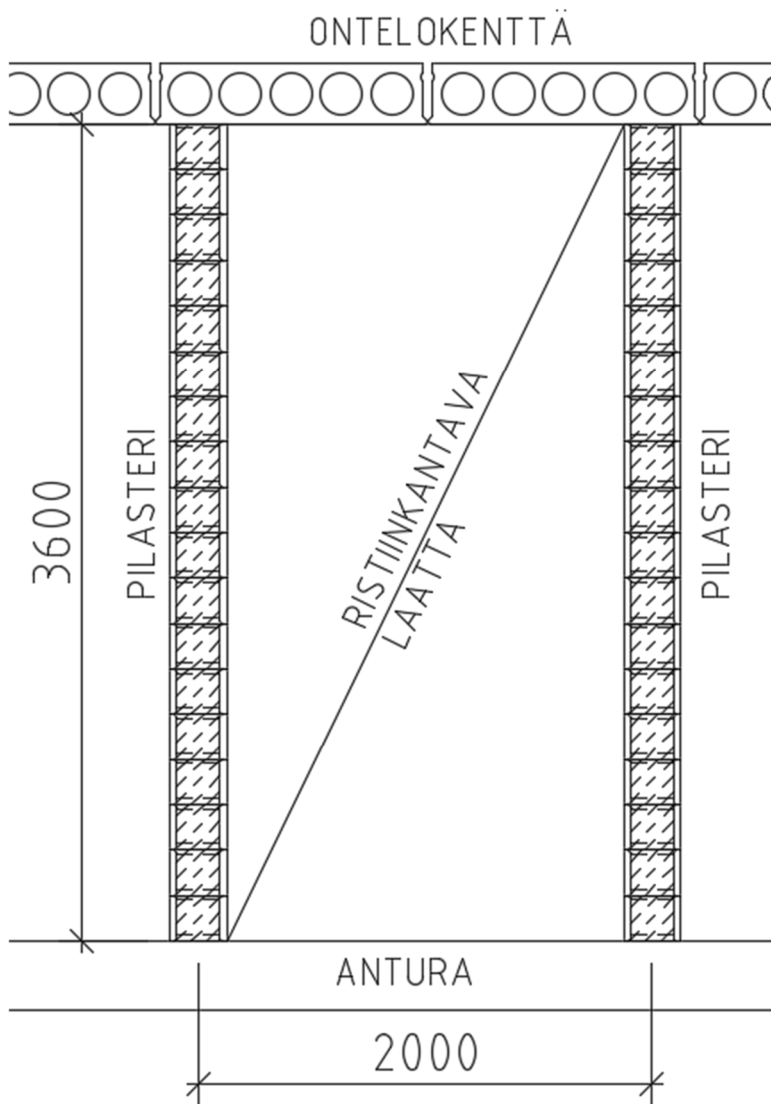
Kun yläpuolinen holvi on kauttaaltaan samassa korossa, on autotallin ulkoseinän vapaa korkeus metrin pidempi kuin muun seinän. Seinän vapaa korkeus lasketaan anturan yläpinnasta yläpuolisen holvin alapintaan. Mitoitus pyritään tekemään taulukon 3 mukaisesti.

TAULUKKO 3. Maanpaineseinän suurin sallittu täyttökorkeus eri raudoituksilla ja seinän korkeuksilla. (Lammin Betoni Oy. 2013. 11.)

Pystyraudoitus	Ø 8 k 400	Ø 8 k 340	Ø 8 k 200	Ø 10 k 250	Ø 10 k 200
A_s/s mm ² /m	126	148	252	314	393
ΣM_u kNm/m	4,2	4,9	8,0	9,8	11,8
ΣV_u kN/m	55,0	55,0	55,0	55,0	56
Tartunnat anturasta	Ø 8 k 600	Ø 10 k 600	Ø 10 k 600	Ø 10 k 500	Ø 10 k 400
Nurjahduspituus L (m)	Suurin sallittu täyttökorkeus H (m)				
2,0	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00
2,2	1,95	2,10	2,20	2,20	2,20
2,4	1,85	2,00	2,40	2,40	2,40
2,6	1,80	1,95	2,50	2,60	2,60
2,8	1,75	1,90	2,40	2,60	2,80
3,0	1,70	1,85	2,20	2,40	2,60
3,2	1,60	1,70	2,05	2,20	2,40
3,4	1,40	1,50	1,90	2,05	2,25
3,6	1,20	1,35	1,75	1,90	2,10

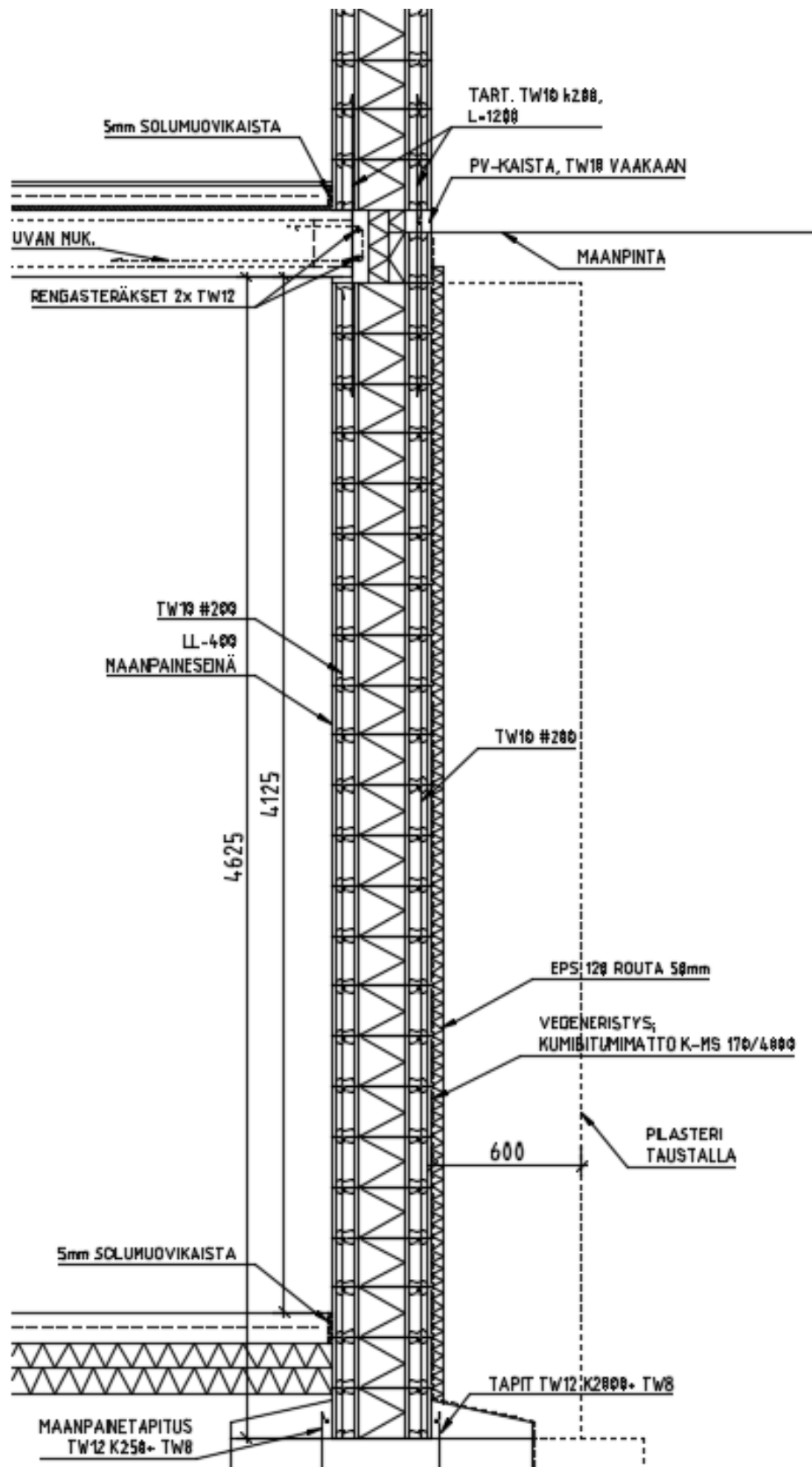
Tässä opinnäytetyössä suunniteltavassa kohteessa maanpaineseinien vapaat korkeudet ovat 3,6 metriä ja 4,6 metriä. Taulukosta 3 huomataan, että seinän vapaan korkeuden ollessa 3,6 metriä suurin sallittu täyttökorkeus on 2,1 metriä. Sitä korkeammilla täyttökorkeuksilla mitoitetaan seinä kahteen suuntaan kantavana.

Jotta maanpaineseinä voidaan mitoittaa kahteen suuntaan kantavana, tulee seinän pystytukien etäisyyden olla minimissään puolet vapaasta korkeudesta ja maksimissaan kaksi kertaa vapaa korkeus. Tuen pituuden kohtisuoraan mitoitettavaa seinää vastaan tulee olla vähintään 2,5 kertaa seinän paksuus. Harkkoseinät mitoitetaan siten, että vain sisäkuoren valuosan paksuus 72 mm ja puolet puristetusta harkon kuoresta lasketaan seinän paksuudeksi. Näin mitoitettavan seinän paksuudeksi saadaan 86 mm. (Lammin Betoni Oy. 2013. 10; RakMk B9. 1993. Osa 3.2.)



KUVA 11. Maanpaineseinä ristiinkantavana laattana.

Maanpaineseinän vaakasuuntainen leveys tukien välissä saadaan sallittuun väliin seinän ulkopuolelle rakennettavien pilastereiden avulla. Pilasterit suunnitellaan toteutettavaksi Lammin Betoni Oy:n MH-250 muottiharkkoista ja ne sidotaan varsinaiseen seinään rosteriteräksestä valmistetuin haoin. Haat ovat umpihakoja, jotka ulotetaan maanpaineseinän sisäkuoreen ja sisäkuoren pystyraudoitus viedään hakojen läpi.

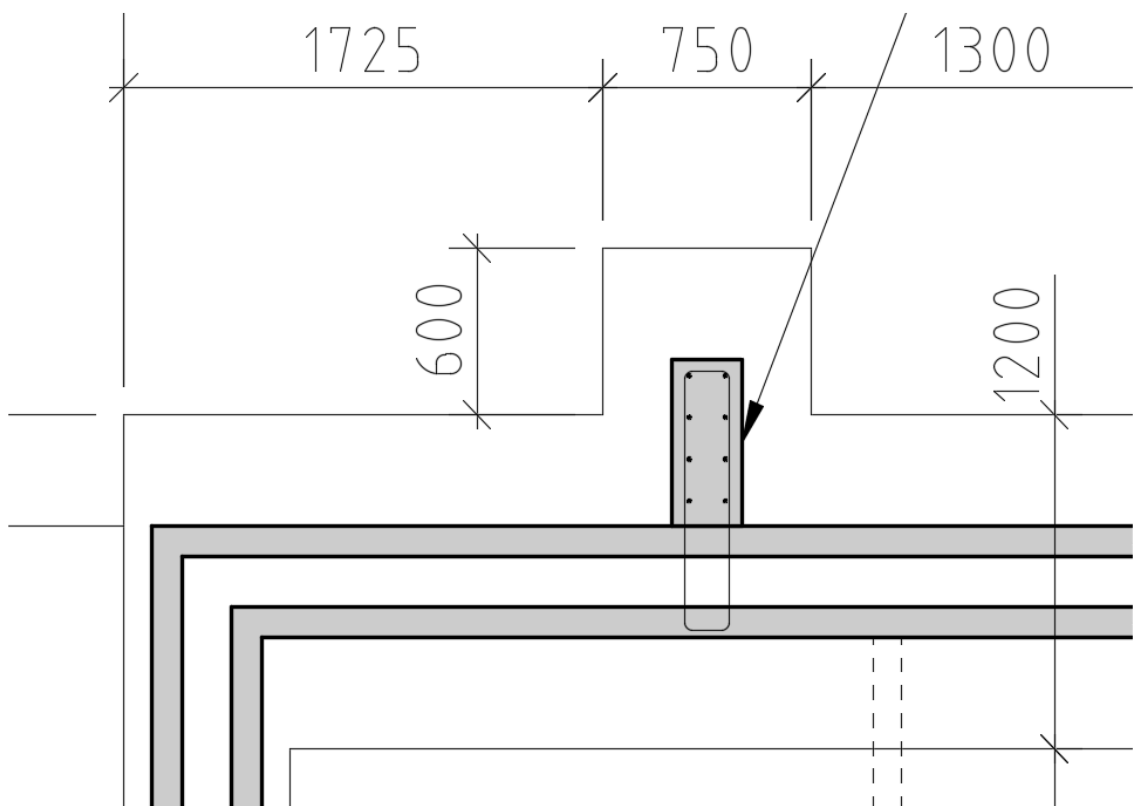


KUVA 12. Pystyleikkaus autotallin maanpaineseinästä.

Pilasterit mitoitetaan joko anturasta alkavina ulokkeina tai yksiaukkoisina palkkiraken-
teina riippuen pilasterin korkeudesta ja yläpään asemasta välipohjan suhteen. Jos pilaste-
rin yläpää tulee välipohjan tasolle tai niin lähelle välipohjaa, että sen kuormien voidaan
olettaa siirtyvän puristuksena välipohjalle, pilasteri mitoitetaan yksiaukkoisena palkkina.
Muussa tapauksessa pilasteri mitoitetaan ulokkeena.

Pilastereiden kuormituksena on niille seinältä kertyvä maanpaine ja ne mitoitetaan aivan
kuin teräsbetonipalkit. Mitoitus tehdään JP -laskentaohjelmalla. Pilastereiden poikkileik-
kauksen kooksi mitoitustilanteessa lasketaan MH-250 muottiharkon valuosan koko ja
puolet puristetun pinnan harkkokuoren paksuudesta. (Lammin Betoni Oy. 2011. 15.)

Maanpaineeseinien tartunnat anturaan katsotaan joko taulukosta 3 tai liitos mitoitetaan
vaarnatappiliitoksena. Vaarnatappeina käytetään anturasta tulevia harjaterästartuntoja,
joiden halkaisija ja etäisyys toisistaan vaikuttaa liitoksen kestävyYTEEN. Pilasterien koh-
dalla anturoihin tehdään levennykset ja pilasterien liitos anturaan mitoitetaan vaarnatap-
piliitoksena.



KUVA 13. Anturan levennys pilasterin kohdalla.

4.2.2 Muut kantavat ulkoseinät

Muut kantavat ulkoseinät mitoitetaan tuuli- ja pystykuormalle. Pystykuormana harkon sisäosalla on ontelolaatastolta tulevat kuormat sekä ylemmiltä kerroksilta tulevat kuormat. Ulkokuorta kuormittaa vain seinärakenteen omapaino ulkokuoren osalta.

Seinät pyritään mitoittamaan taulukoiden avulla, mutta osa joudutaan mitoittamaan laskentaohjelmalla taulukoiden ollessa riittämättömiä. Laskentaohjelmalla mitoitettaessa rakenteen mittoina käytetään harkon valuosan mittoja, jolloin kuoren hyötypaksuus on valuosan paksuus, 72 mm. (Lammin Betoni Oy. 2013. 10.)

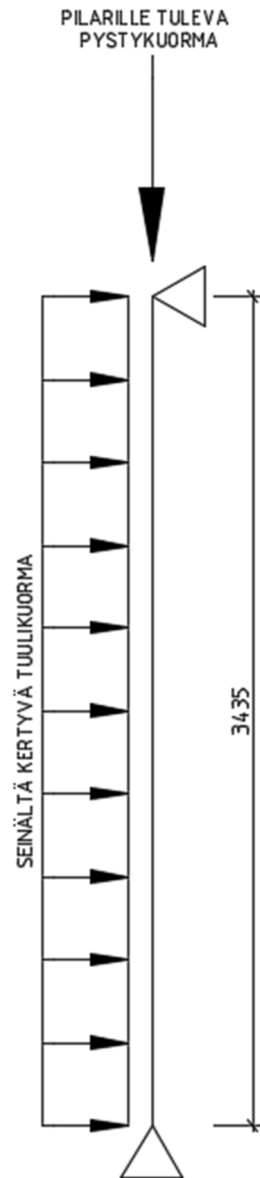
Taulukkomitoitus tehdään taulukon 4 avulla, jossa on otettu huomioon tuulikuorma $0,8 \text{ kN/m}^2$. Taulukossa huomioitu tuulikuorma on rakennusta rasittavaa kuormaa suurempi, joten arvot ovat varmalla puolella. Suunnittelussa otetaan lisäksi huomioon asennuksesta johtuva mahdollinen epäkeskisyyttä $e_0=5 \text{ mm}$.

TAULUKKO 4. LL400 lämpökiviseinän sisäosan pystykuormakestävyys yhdessä tuulikuorman kanssa. (Lammin Betoni Oy. 2013. 7.)

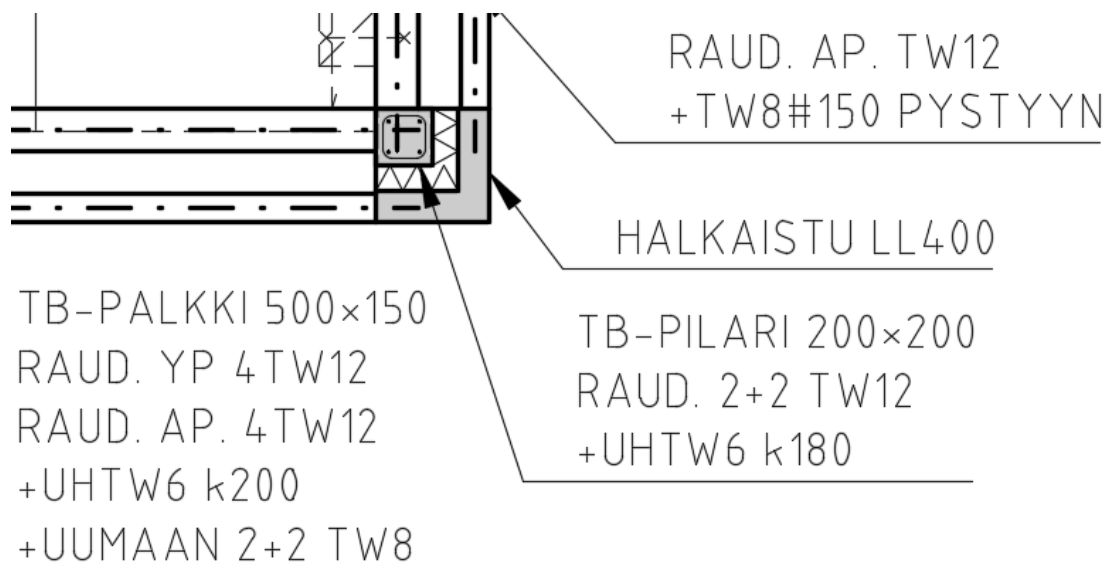
Keskeinen pystyraudoitus ϕ 8 k 400									
e_o (mm)	0	5	10	15	20	25	30	35	M_{wd} (kNm/m)
e_d (mm)	6	11	16	21	26	31	36	41	
L_c (m)	N_u kN/m								
1,8	470	407	333	256	192	150	122	102	0,16
2,0	451	387	315	241	178	137	113	95	0,20
2,2	430	367	296	222	162	124	101	87	0,24
2,4	412	345	274	202	144	109	90	78	0,29
2,6	394	323	250	180	125	94	79	69	0,34
2,8	374	305	234	156	105	80	68	60	0,39
3,0	337	274	203	131	86	68	59	52	0,45
3,2	311	248	173	105	68	57	50	45	0,51
3,4	286	220	143	75	54	47	43	39	0,56
3,6	258	188	108	52	45	40	36	33	0,65
4,0	196	44	37	33	30	28	25	24	0,80
4,4	28	25	23	21	19	18	17	16	0,97
4,8	15	14	13	12	12	11	10	10	1,15

Suurten aukkojen pielissä, aukkojen välien ollessa kapeita tai useammassa kerroksessa päällekkäin olevien aukkojen pielissä joudutaan harkkoseinän sisäkuoreen valamaan teräsbetonipilareita. Tällaisessa tapauksessa käytetään ulkokuorena halkaistua lämpökiveä,

jolloin harkon sisäkuoren tilalle voidaan raudoittaa ja valaa tarkoitukseen sopivan kokoinen pilari. Pilareiden paksuus seinän paksuuden suunnassa on 200 mm, mutta pilareiden leveys vaihtelee kuorman suuruuden mukaan.



KUVA 14. Sisäkuoreen valettavan pilarin rakennemalli



KUVA 15. Sisäkuoreen valettava pilari esitettynä tasokuvassa.

4.2.3 Ei-kantavat ulkoseinät

Ei-kantavia seiniä rasittaa pystysuunnassa seinärakenteen omapaino ja vaakasuunnassa tuulikuorma. Mitoitus tehdään taulukon 4 avulla, jossa on otettu huomioon tuulikuorma $0,8 \text{ kN/m}^2$. Taulukossa huomioitu tuulikuorma on rakennusta rasittavaa kuormaa suurempi, joten arvot ovat varmallalla puolella.

Suunnittelussa otetaan huomioon asennuksesta johtuva mahdollinen epäkeskisyys $e_0=5 \text{ mm}$. Ei-kantaviin ulkoseiniin asennetaan lisäksi 8 mm harjaterästangot vaakaan 400 mm jaolla jakoteräksiksi.

4.2.4 Ullakon puurakenteiset seinät

Ullakon puurakenteiset seinät mitoitetaan kestävänsä sekä pysty että vaakakuormat. Runkotolpan poikkileikkauskoon määrittää rungon väliin asennettava eristepaksuus, jolla vaadittu U-arvo saavutetaan. Runkotolpan poikkileikkaus on kooltaan $48 \times 198 \text{ mm}^2$.

Mitoitus tehdään JP -laskentaohjelmalla, ja runkotolpan voidaan todeta kestävänsä sille tulevat rasitukset. Ullakolla sijaitsevien saunan ja pesutilojen suurten ikkunoiden pielissä

ja väleissä joudutaan laittamaan kaksi runkotolppaa vierekkäin, jottei runkotolpat nurjahda.

4.2.5 Kantavat väliseinät

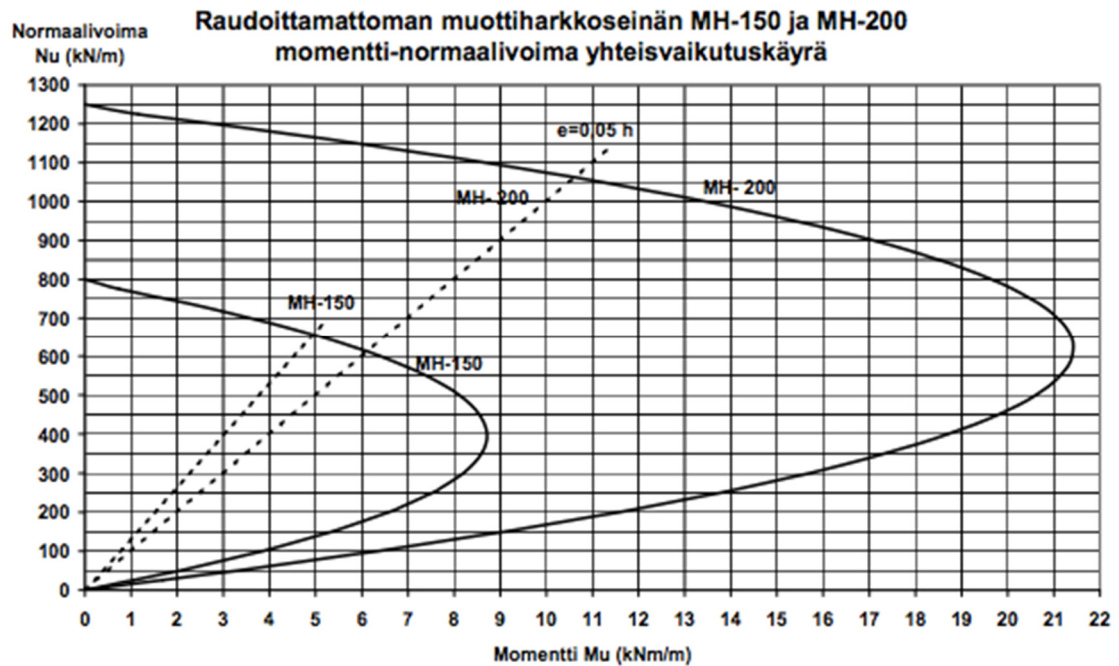
Kantavat väliseinät ovat rakennuksen sisällä olevia seiniä, jotka siirtävät pystykuormia perustuksille ja jäykistävät rakennuksen runkoa. Tässä opinnäytetyössä suunniteltavassa kohteessa kantavat väliseinät tehdään Lammin Betoni Oy:n MH-200 muottiharkoista.

Pystyraudoitetun harkkoseinän kantavuus ilman vaakakuormaa luetaan taulukosta 5. Mahdollisten vaakakuormien aiheuttaman momentin vaikutus huomioidaan kuviossa 3 esitetyllä tavalla. Kantavien väliseinien vaakakuormana käytetään puolentoista metrin korkeudella lattiapinnasta olevaa 1,5 kN:n kuormaa. Vaakakuorma aiheutuu tilan käyttäjien nojaamisesta tai törmäämisestä seinää vasten. Pystykuorman epäkeskisyytenä käytetään taulukon pienintä arvoa $e_0=20$ mm, joka huomioi asennuksesta johtuvan epäkeskisyyden.

Vaakaraudoituksena käytetään 8 mm harjaterästankoja 200 mm tai 400 mm jaolla. Nämä teräkset toimivat jakoteräksinä ja jäykistävät seinää.

TAULUKKO 5. Pystyraudoitetun MH-200 muottiharkon kantavuudet eri seinäkorkeuksilla ja kuorman epäkeskisyyksillä. (Lammin Betoni Oy. 2011. 11.)

MH-200 ϕ 8 k 200						
e_o (mm)	20	25	30	40	50	60
e_d (mm)	30.0	35.0	40.0	50.0	60.0	70.0
L_c (m)	N_{uo} (kN/m)					
1,8	695	627	568	473	402	334
2,0	695	627	568	473	402	334
2,2	687	627	568	473	402	334
2,4	675	619	566	473	402	334
2,6	659	605	557	471	402	334
2,8	642	589	542	463	399	334
3,0	623	572	526	451	391	332
3,2	604	554	508	435	380	325
3,4	584	535	490	419	366	317
3,6	563	515	472	402	351	307
3,8	542	495	453	385	337	296
4,0	520	474	433	369	322	285
4,2	498	454	414	352	307	273
4,4	476	433	395	335	293	261
4,6	454	412	376	319	279	249
4,8	432	392	357	302	265	238

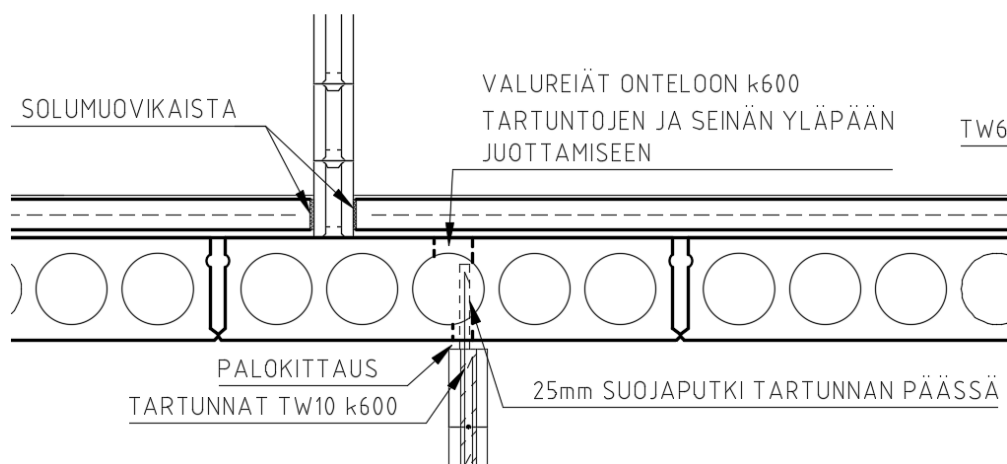


KUVIO 3. Raudoittamattoman MH-150 ja MH-200 harkkoseinän momentti-normaalivoima yhteisvaikutus. (Lammin Betoni Oy. 2011. 13.)

4.2.6 Ei-kantavat väliseinät

Kohteen ei-kantavat väliseinät tehdään joko Lammin Betoni Oy:n VSK-100 väliseinäkiivistä tai MH-150 muottiharkoista. Seinät kantavat vain oman painonsa. Kohteen kerroskorkeudesta johtuen ei-kantavien väliseinien korkeus kasvaa melko suureksi, joten osa seinistä on sidottava yläpäästään yläpuoliseen holviin.

Ei-kantavien väliseinien yläpään sidonnan tulee sallia yläpuolisen holvin taipuminen, jotta seinät eivät ala kantaa kuormia. Liitos toteutetaan asentamalla seinän yläpäähän tartuntatapit, jotka osuvat yläpuolisen ontelolaatan onteloon. Onteloon menevä tartunnan osuus suojataan suojaputkella ja ontelo juotetaan täyteen. Näin suojaputkessa oleva tartuntatappi pääsee liikkumaan pystysuunnassa, mutta vaakasuuntainen liike on estetty. Ei-kantavan väliseinän yläpään liitos on esitetty kuvassa 16.



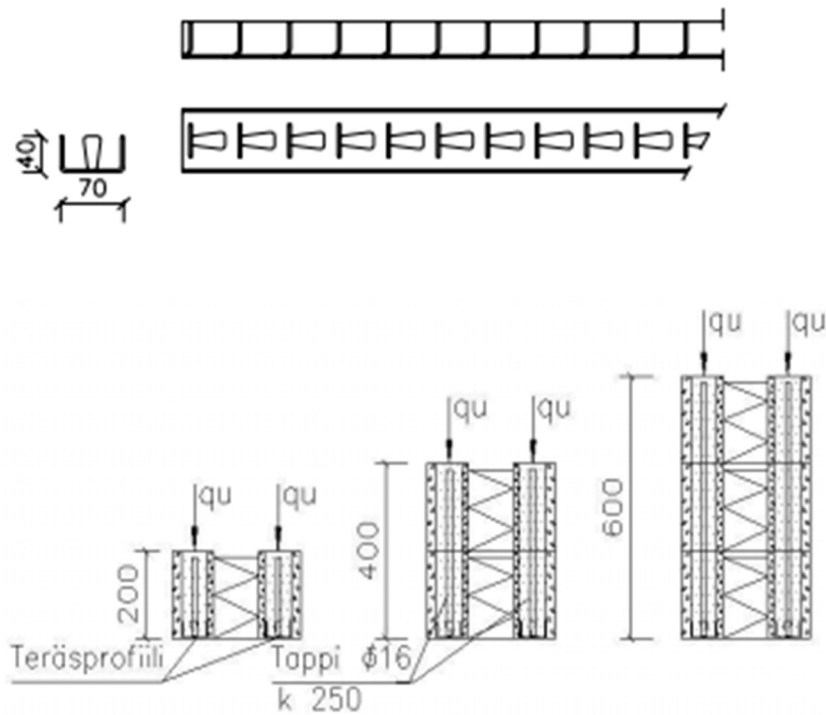
KUVA 16. Pystyleikkaus ei-kantavan seinän yläpään liitoksesta.

Yläpään tapitusta ei tarvita, mikäli seinässä on jäykistäviä kulmia riittävän lähellä toisiinsa. Tiloissa, joissa on alaslaskettu katto, ei-kantavan seinän yläpää sidotaan alaslaskuun.

4.2.7 Aukkojen ylitykset

Rakennettaessa Lammin Betoni Oy:n harkoista aukkojen ylitykset pyritään toteuttamaan Lammin patentoidulla liittopalkilla, mikä nopeuttaa ja helpottaa rakentamista. Liittopalkki koostuu kuvan 17 mukaisesta liittoprofiilista, sen päälle ladottavista harkoista sekä

harkkoihin asennettavista pystytapeista. Liittopalkki voidaan toteuttaa yhdestä kolmeen harkkoa korkeana. Korkeus vaikuttaa liittopalkin jänneväliin ja kuormakestävyyteen. Eri korkuisten liittopalkkien kestävyys on esitelty taulukossa 6, missä kuormat ovat ominaiskuormia. (Lammin Betoni Oy. 2013. 17.)



KUVA 17. Lammin Betoni Oy:n liittopalkkirakenteet. (Lammin Betoni Oy. 2013. 17.)

TAULUKKO 6. Lammin Betoni Oy:n liittopalkin kuormakestävyydet eri jänneväleillä.
(Lammin Betoni Oy. 2013. 17.)

	I	II	III
M_u kNm	7.8	30.8	49.8
V_u kN	17,0	34,0	46,5
Tukireaktio R_u kN	30	30	30
Aukon leveys L (m)	q_u kN/m		
0.6	100	100	100
0.8	75	75	75
1.0	58	60	60
1.2	40	50	50
1.4	29	43	43
1.6	23	38	38
1.8	18	33	33
2.0	14	30	30
2.2	12	27	27
2.4	10	25	25
2.6	9	23	23
2.8	7	21	21
3.0	6	20	20
3.2	6	19	19
3.4	5	18	18
3.6	4	17	17
3.8	4	16	16
4.0	4	15	15
4.2	3	13	14
4.4	3	12	14
4.6		11	13
4.8		10	13
5.0		9	12

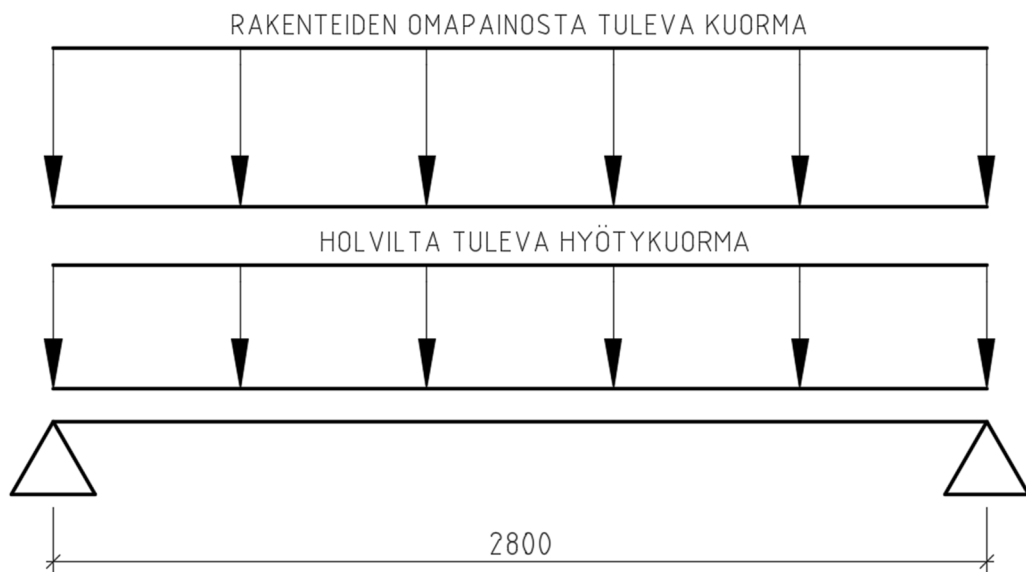
Jotta liittopalkkia voidaan käyttää, aukon yläreunan on osuttava harkkojaolle. Jos aukon yläreuna osuu muualle kuin harkkosaumaan, liittopalkkia varten voidaan valaa betoninosto, jolla liittopelti saadaan oikeaan korkoon, tai aukon ylitys voidaan tehdä teräsbetonipalkilla.

Tässä opinnäytetyössä suunniteltavassa kohteessa vain kellarin seinissä olevat aukot osuvat harkkojaolle, jolloin liittopalkin käyttäminen on järkevin ja taloudellisin vaihtoehto. Ylempien kerrosten osalta aukkojen yläreunat osuvat harkon puoliväliin ja aukkopalkit toteutetaan paikallavalettuina.

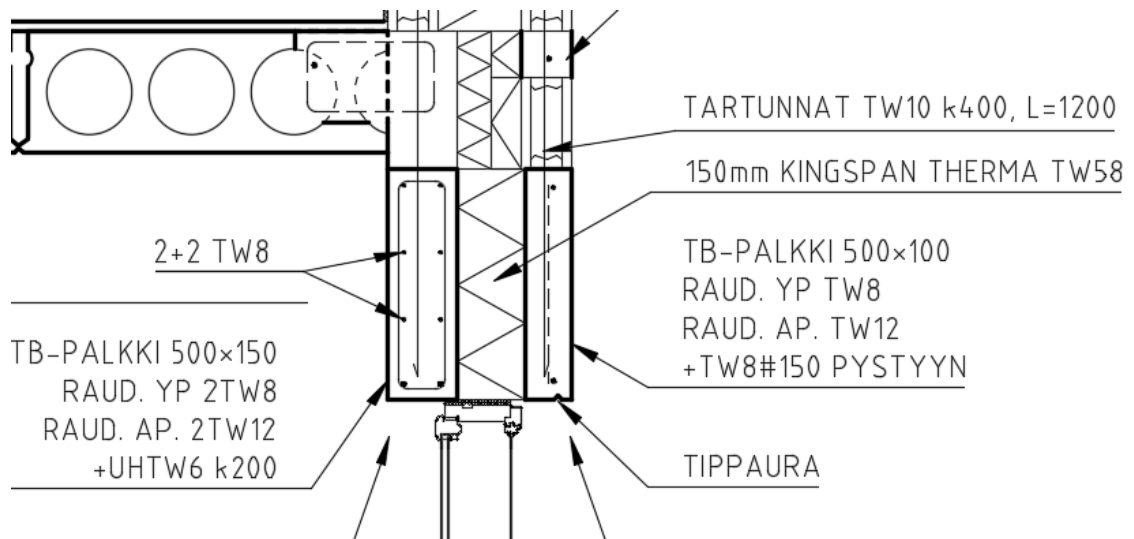
Ensimmäisen ja toisen kerroksen aukkojen yläreunojen korkeus on 2800 mm valmiista lattiapinnasta. Yläreunan ja ylemmän ontelolaatan väliin jää 500 mm. Paikalla valettavan

teräsbetonipalkin yläreunan korko suunnitellaan osumaan harkkojaolle, jotta harkkojen latomista voidaan jatkaa suoraan palkin päälle. Työn nopeuttamisen vuoksi kaikki paikallavalupalkit toteutetaan 500 mm korkeina, jolloin ylemmät ontelolaatat asennetaan suoraan palkin päälle. Näin pienennetään työvaiheiden määrää. Jos osa paikallavalupalkeista tehtäisiin 300 mm korkeina, jouduttaisiin palkkien päälle latomaan vielä yksi kerros harkkoja ennen ontelolaattojen asennusta, mikä tarkoittaisi enemmän työvaiheita ja pidempää rakentamisaikaa.

Teräsbetoniset aukkopalkit toteutetaan kahdesta yksiaukkoisesta palkista, joiden väliin asennetaan polyuretaanieriste. Sisäkuoren päälle tulevan palkin poikkileikkauskoko on $150 \times 500 \text{ mm}^2$ ja ulkokuoren palkin $100 \times 500 \text{ mm}^2$. Palkkien väliin asennettava eriste on 150 mm Kingspan Therma TW58, jolla saavutetaan ulkoseinän U-arvovaatimus $0,17 \text{ W/m}^2\text{K}$. Palkit tuodaan 200 mm tuelle, sisäkuoren palkki sisäkuoren päälle ja ulkokuoren palkki ulkokuoren päälle.



KUVA 18. Yksiaukkoisen palkin rakennemalli.

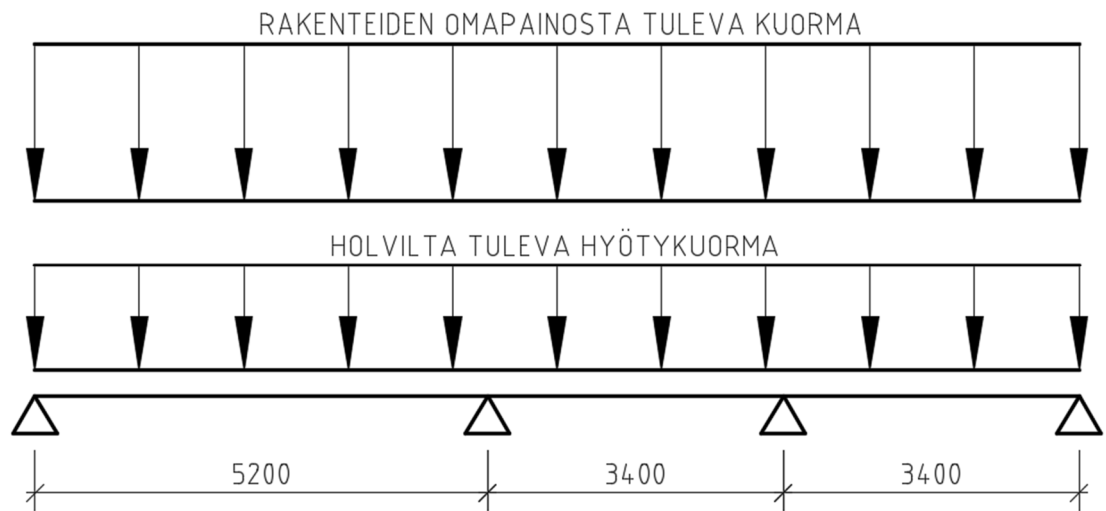


KUVA 19. Poikkileikkaus kohteesta käytettävästä paikalla valettavasta aukkopalkkirakenteesta.

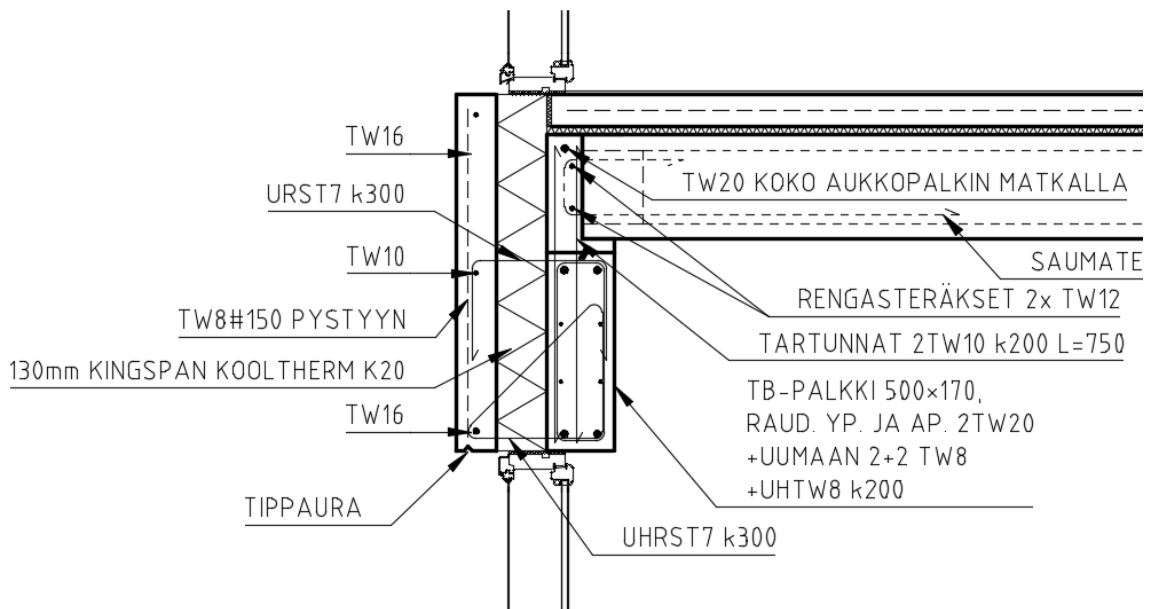
Sisäkuoren palkin suurempi poikkileikkauskoko selittyy kantavilla seinälinjoilla ulko-kuorta suuremmalla kuormituksella, sillä palkki kantaa ontelolaatastolta tulevat kuormat aukon kohdalla. Ulkokuoren palkkia kuormittaa ainoastaan seinärakenteen omapaino ulkokuoren osalta. Ei-kantavilla seinälinjoilla palkkikoot pidetään samoina, jotta työmaalla ei synny sekaannuksia vaihtelevien palkkikokojen kanssa.

Rakennuksen luoteen puoleisen pitkän sivun suuret ikkuna-aukot ovat suunnittelun näkökulmasta kohteen haastavimmat aukkojen ylitykset. Ikkuna-aukkojen väliin sisäkuoren kohdalle kantavaksi rakenteeksi tulee teräspilarit, jolloin aukonylityspalkkien ulkokuoria ei saada tuelle. Ulkokuoret ripustetaan sisäkuoren aukonylityspalkkeihin. Palkit tehdään kaikkien kolmen aukon yli jatkuvana teräsbetonipalkkina. Poikkileikkauskoko 150x500 mm² ei suurten jännevälien ja kuormitusten vuoksi ole riittävä.

Näiden aukkojen kohdalla palkit toteutetaan hyödyntämällä myös ontelolaattojen saumavalu, joka tulee palkin päälle. Aukkopalkit valetaan ensin 170x500 mm² kokoisina, jonka jälkeen niiden päälle asennetaan ontelolaatat. Palkin yläpinnasta tuodaan riittävä määrä tartuntoja ontelolaattojen saumavaluun ja saumavalu raudoitetaan osaksi palkkia. Palkkien työnaikainen tuenta voidaan poistaa vasta saumavalujen saavutettua riittävän lujuuden, jotta palkkien taipuma saadaan pysymään sallituissa rajoissa. Palkkien poikkileikkaus esitetty kuvassa 21.



KUVA 20. Kolmiaukkoisen palkin rakennemalli.



KUVA 21. Luoteissivun pitkien aukkojen ylityspalkit.

Palkit mitoitetetaan liittorakenteena, jossa työntövoimat otetaan vaarnatappeina toimivien tartuntojen avulla. Mitoitus toteutetaan staattisen momentin ja leikkausvoiman avulla valitun tasaisen väli harjateräsvaarnoille ja käyttäen leikkausvoiman maksimiarvoa. Tässä tapauksessa tappien eikä palkin hakojen jakoa jouduta tihentämään tukien läheisyydessä. Mikäli tukien läheisyydessä esiintyvät leikkausvoimat kasvaisivat suuremmiksi, vaatisi se hakajaon ja myös tapituksen tihentämistä.

Koska sisäkuoren palkin paksuutta joudutaan näillä kohdin paksuntamaan, muissa aukkopalkkeissa käytetty eriste ei riitä saavuttamaan vaadittua U-arvoa. Palkeissa, joissa

Kingspan Therma TW58 ei eristepaksuuden vuoksi riitä saavuttamaan vaadittua U-arvoa, käytetään Kingspan Kooltherm K20 -eristettä.

Paikalla valettavien teräsbetonipalkkien rauditus määritetään JP -laskentaohjelmalla. Suurimpaan osaan aukkopalkeista riittää poikkileikkauksen vaatima minimirauditus, sillä palkkien korkeus 500 mm on kuormiin ja jänneväleihin nähden melko suuri.

Leveimpien aukkojen, kuten luoteissivun isot ikkunat, aukkopalkkien mitoittavaksi kriteeriksi tulee taipuma. Jos palkin taipuma kasvaa liian suureksi, alkaa palkki kuormittaa allaan olevaa ikkunaa, jolloin ikkuna pullistuu ja lopulta hajoaa. Tämän välttämiseksi mitoituksessa on käytetty taipuman raja-arvona 7 mm palkin pituudesta riippumatta. Pisimpien ja raskaimmin kuormitettujen palkkien kohdalla tämä tarkoittaa hyvin runsasta yläpinnan raudoitusta.

Ullakkokerroksen puurakenteisilla seinillä aukkojen ylityksiin käytetään kertopuupalkkeja ja ei-kantavilla, harkkorakenteisilla väliseinillä joko Lammin Betoni Oy:n liittopalkkeja tai paikallavalupalkkeja. VSK-100 väliseinäkivistä rakennettavissa seinissä liittopalkin kapasiteetti tarkistetaan taulukosta 7 ja MH-150 muottiharkoilla taulukosta 8.

TAULUKKO 7. VSK-100 väliseinäkivin toteutettavan seinän aukotus VSK100 -liittoprofiililla. (Lammin Betoni Oy. 2011. 5.)

Aukon yläpuolisen osan korkeus h (mm)	Aukon pituus mm
200	1800
400	1500
600	1300
800	1200

TAULUKKO 8. MH-150 muottiharkkoseinän aukotus liittopalkilla. (Lammin Betoni Oy. 2011. 26.)

	MH - 150			MH – 200		
L	I	II	III	I	II	III
0.6	193.6	209.4	163.8	159.2	328.8	309.2
0.8	108.5	209.4	163.8	82.1	328.8	309.2
1.0	69.1	209.4	163.8	55.1	293.5	309.2
1.2	47.7	172.3	163.8	41.3	153.8	309.2
1.4	34.8	116.5	163.8	32.9	103.7	309.2
1.6	26.5	87.8	163.8	27.3	77.9	215.8
1.8	20.7	70.3	146.4	23.3	62.2	145.5
2.0	16.6	58.5	110.2	20.2	51.7	109.3
2.2	13.6	50.0	88.1	17.9	44.1	87.2
2.4	11.3	43.6	73.3	16.0	38.3	72.4
2.6	9.5	38.6	62.6	14.4	33.9	61.7
2.8	8.0	34.6	54.5	12.8	30.3	53.6
3.0	6.9	30.0	48.3	11.0	27.4	47.4
3.2	5.9	26.2	43.2	9.5	24.9	42.3
3.4	5.2	23.0	39.1	8.3	22.8	38.2
3.6	4.5	20.3	35.7	7.3	21.0	34.8
3.8	3.9	18.0	32.7	6.4	19.5	31.8
4.0	3.5	16.1	29.7	5.7	18.1	29.3

Muottiharkkojen kanssa käytetään samaa liittoprofiilia kuin lämpöharkkoilla. Liittoprofiili esitetty kuvassa 17.

4.3 Alapohja

Kohteen alapohja toteutetaan maanvaraisena laattana. Louhitun kallion päälle tehdään vähintään 300 mm vahvuiset täytöt käyttäen kapillaarisen veden nousun sallimatonta maainesta. Täytöt tiivistetään ja niiden päälle asennetaan alapohjan lämmöneristeet. Alapohjan lämmöneristeinä käytetään 200 mm suulakepuristettua polystyreeniä. Alapohjan teräsbetoni-laatta valetaan lämmöneristeiden päälle.

Autotallin ja sen yhteydessä olevan varaston alapohjalaattojen vahvuus on 100 mm ja niiden raudoituksena käytetään 8 mm harjaterästangoista valmistettua verkkoa, jonka silmäkoko on 150x150 mm. Laattojen raudoitus toimii kutistumaraudoituksena.

Muun osan alapohjalaatta toteutetaan 80 mm:n vahvuisena ja raudoituksena käytetään 6 mm vahvuisesta harjateräksestä valmistettua verkkoa, jonka silmäkoko on 150x150 mm. Raudoitus toimii kutistumaraudoituksena. Alapohja jaetaan liikuntasaumojen avulla pienempiin osiin, jotta halkeilu saadaan rajoitettua.

Liikuntasaumat toteutetaan katkaisemalla liikuntasauman kohdalla kaksi kolmesta saumaan nähden poikittaisesta harjaterästangosta. Valmiiseen laattaan tehdään liikuntasauman kohdalle lisäksi 10 mm syvä ura timanttisahalla.

4.4 Välipohjat

Rakennuksen välipohjien kantavana rakenteena toimii Parma Oy:n P27 ontelolaatat, joiden korkeus on 265 mm. Ontelolaataston päälle tulee 20 mm vahvuinen polystyreenieriste vaimentamaan askelääniä ja irrottamaan pintalaatan ontelolaatoista. Eristeen päälle vataan 80 mm vahva pintalaatta, joka irrotetaan kaikista muista rakenneosista, jotta lämpöeläminen mahdollistuu. Irrotus muualta kuin ontelolaatoista tehdään solumuovikaistalla.

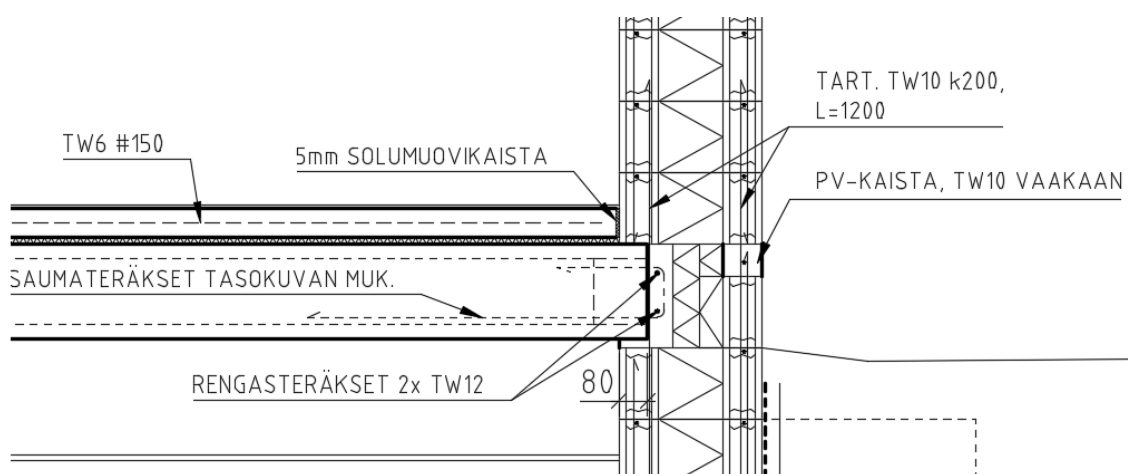
Välipohjat suunnitellaan siten, että ne siirtävät niille tulevat kuormat kantaville seinälinjoille. Välipohjia kuormittaa ei-kantavien väliseinien omapainosta syntyvät viivakuormat, mahdollisista pilareista tai pilarinomaisista väliseinien osista johtuvat pistekuormat sekä hyötykuorma.

Ontelolaattojen kantokyky varmistetaan oikeanlaisella punostuksella. Punostuksen suunnittelusta vastaa ulkopuolinen punostaja, joka on erikoistunut ontelolaattojen punostamisen suunnitteluun. Punostajan työn helpottamiseksi ontelolaatat pyritään suunnittelemaan Parma Oy: suunnitteluohjeen mitoitusaulukoiden mukaisiksi. Mikäli taulukoiden arvoista joudutaan poikkeamaan, asiasta ollaan yhteydessä punostajaan ja varmistetaan, että kyseinen laatta kestää sille tulevat kuormitukset.

TAULUKKO 9. Ote Parma Oy:n mitoitusaulukoista. Ontelolaattojen viivakuormakestävyyksiä erilaisilla jänneväleillä. (Parma Oy. 2013. 28.)

Ontelolaatan viivakuormakestävyys kN/m			
Saumavalu C20/25			
Laatan pituus	P18, P18M, P20	P27	P32
Pituus 4000 mm	13	24	21
Pituus 6000 mm	10	22	21
Pituus 8000 mm	8	18	20
Pituus 10000 mm		15	17
Pituus 12000 mm			15
Pituus 14000 mm			
Pituus 16000 mm			

Ontelolaataston ympärille asennetaan rengasteräkset, jotka jäykistävät laataston yhdeksi kentäksi. Lisäksi laattojen saumoihin asennetaan saumateräkset. Harkkorakenteiden kanssa käytettäessä P27 ontelolaattojen tukileveyden suunnitteluarvo on 80 mm.



KUVA 22. Pystyleikkaus ontelolaatasta tuella.

Pintalaatta Raudoitetaan 6 mm vahvaisista harjaterästangoista valmistetulla verkolla, jonka silmäkoko on 150x150 mm. Kuten alapohjalaatoissa, tässäkin rauditus toimii kuistumaraudoituksena. Pintalaatta jaetaan tarvittaessa osiin liikuntasaumoin, jotka toteutetaan samoin kuin alapohjalaatassa.

4.5 Yläpohja

Rakennuksen yläpohjan muodostavat toisen kerroksen kattotaso sekä osan siitä peittävän ullakkokerroksen yläpohja. Toisen kerroksen yläpohja toteutetaan käännettynä kattona ja ullakkotilan yläpohja puurakenteisena harjakattona.

4.5.1 Käännetty katto

Käännetyllä katolla tarkoitetaan rakennetta, jossa vedeneriste tulee suoraan kantavan rakenteen ja mahdollisten kaatovalujen päälle. Vedeneriste toimii samalla yläpohjan höyrinsulkuna. Käännetyn katon etuna on vedeneristeen sijainti sää- ja mekaanisilta rasituksilta suojassa. Lämmöneristeeltä vaaditaan hyviä ominaisuuksia, sen tulee kestää kosteutta, vedenpainetta, pakkasta ja mekaanista rasitusta. (Kattoliitto ry. 2013. 13, 21-22; RIL 107-2012. 2012. 155.)

Tässä opinnäytetyössä suunniteltavassa kohteessa käännetyn katon kantavana rakenteena käytetään Parma Oy:n P27 ontelolaattoja. Ontelolaataston päälle tulee 80 mm jälkivalu, jolla toteutetaan kaadot. Kaatovalun päälle asennetaan käyttöluokan VE80 vedeneristys, joka tässä tapauksessa toteutetaan kahdella tuoteluokan TL2 bitumikermillä ja niiden päälle salaojitusmatto veden virtauksen helpottamiseksi. Lämmöneristeet asennetaan salaojitusmaton päälle ja lämmöneristeen päälle valetaan pintalaatta ja asennetaan mahdollinen pintamateriaali. (Kattoliitto ry. 2013. 28; RIL 107-2012. 2012. 92-93.)

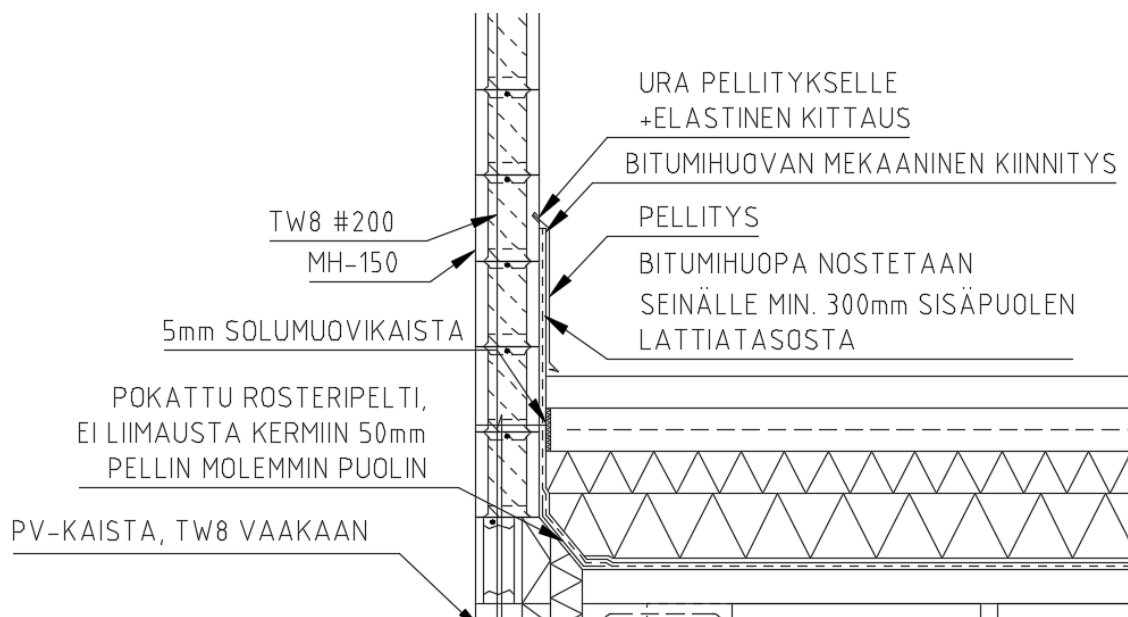
TAULUKKO 10. Bitumikermien käyttöluokat. (RIL 107-2012. 2012. 93)

Katerakenne	VE40 (1:40)	VE80 (1:80)	VE80R (1:80)
TL1	X		
TL3 + TL2	X		
TL2 + TL2	X	X	
TL2 + TL1	X	X	
TL2+TL2+TL2	X	X	X
TL2+TL2+TL1	X	X	X

Ontelolaattojen punostuksen suunnittelusta vastaa välipohjien tapaan ulkopuolinen punostaja. Käännettyä kattoa kuormittaa lumikuorma, rakenteen omapaino, hyötykuorma ja ullakkokerroksen rakenteiden omapaino. Katon lämmöneriste valitaan siten, että se kes-

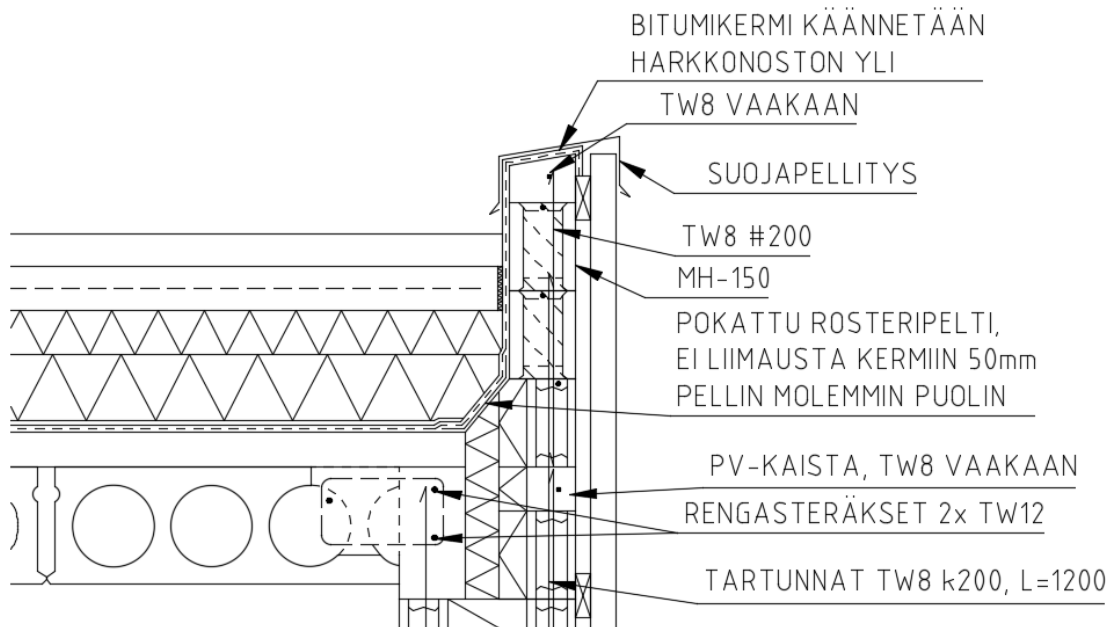
tää siihen syntyvät rasitukset ja täyttää yläpohjan U-arvovaatimuksen $0,09 \text{ W/m}^2\text{K}$. Betonisen pintalaatan raudoituksena käytetään 8 mm harjateräksestä valmistettua $150 \times 150 \text{ mm}$ silmäistä verkkoa, joka toimii kutistumaraudoitteena.

Käännetyn katon vedeneristeet nostetaan risteäville pystyrakenteille vähintään 300 mm yläpohjan pintaa ylemmäs. Vedenpoisto järjestetään sekä pintarakenteiden että vedeneristeen päältä. Vaikka vedeneriste sijaitseekin vasta lämmöneristeen alla, vettä ei kuitenkaan tarkoituksella ohjata sinne, vaan pyritään ohjaamaan pintarakenteiden kallistuksilla jo pintarakenteiden päältä kattokaivoihin. (Kattoliitto ry. 2013. 21-22.)



KUVA 23. Pystyleikkaus käännetyn katon ja pystyrakenteen liitoksesta.

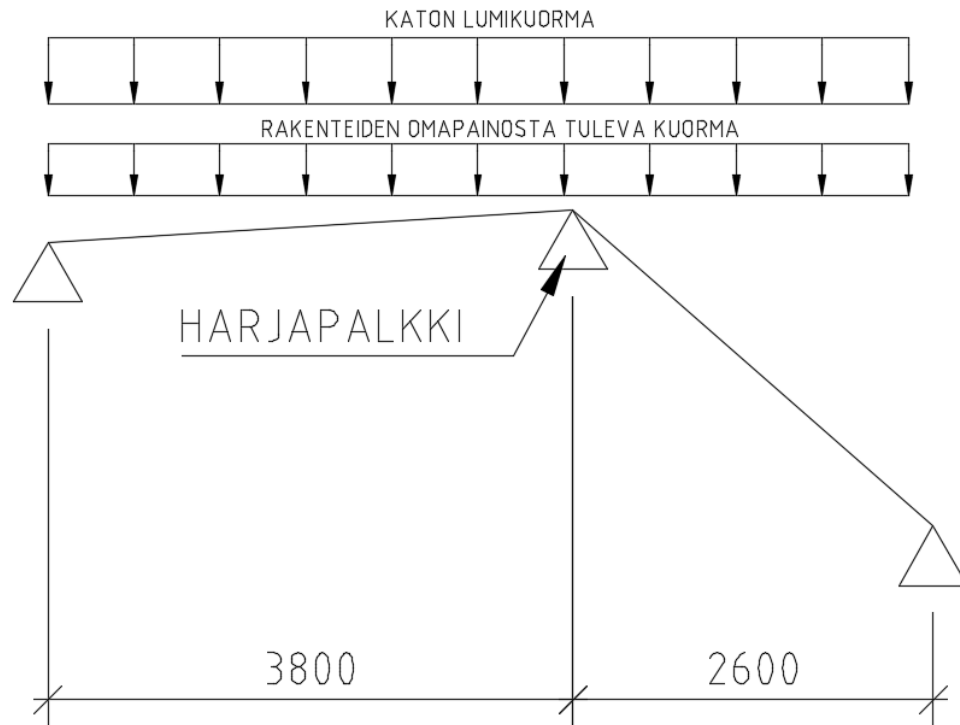
Käännetyn katon reunoilla ulkoseinät nousevat kattoa ylemmäs, jolloin varsinaisia räystäitä ei ole. Katon pintaa ylemmäs nouseva seinän osuus muurataan MH-150 muottiharjoista ja harkkojen yläpintaan tehdään sisäänpäin kaatava korotusvalu, joka suojapellitetaan.



KUVA 24. Käännetyn katon räystäs.

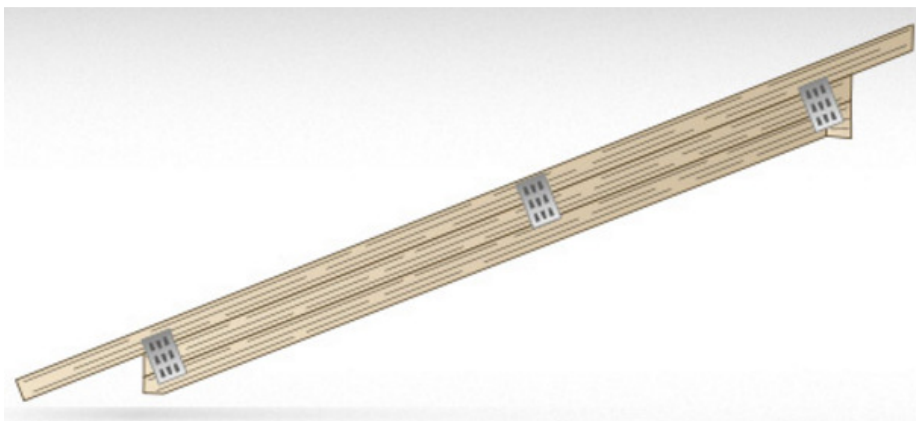
4.5.2 Ullakon puurakenteinen katto

Ullakkokerroksen puuyläpohjan kantavana rakenteena toimii NR-palkit, jotka valmistetaan mitallistetusta sahatavarasta naulalevyliitoksin ja harjalle tuleva harjapalkki. NR-palkkien korkeus määräytyy vaadittavan eristemäärän ja tuuletusraon sekä mitallistetun sahatavaran mittojen mukaan. Yläpohjan lämmöneristeenä toimii NR-palkkien alapintaan asennettava 30 mm alumiinipaperipintainen polyuretaanilevy, joka toimii samalla höyrynsulkuna, sekä NR-palkkien väleihin asennettava 100 mm polyuretaanilevy sekä yhteensä 250 mm mineraalivillaa.



KUVA 25. Ullakon puuyläpohjan rakennemalli.

NR-palkkien väliin tulee yhteensä 350 mm eristettä, joten riittävän tuuletusraon takaamiseksi NR-palkkien korkeudeksi valitaan 469 mm ($198 \text{ mm} + 173 \text{ mm} + 98 \text{ mm} = 469 \text{ mm}$). NR-palkkien kantavuus ja taipuma tarkastetaan laskentaohjelmalla.

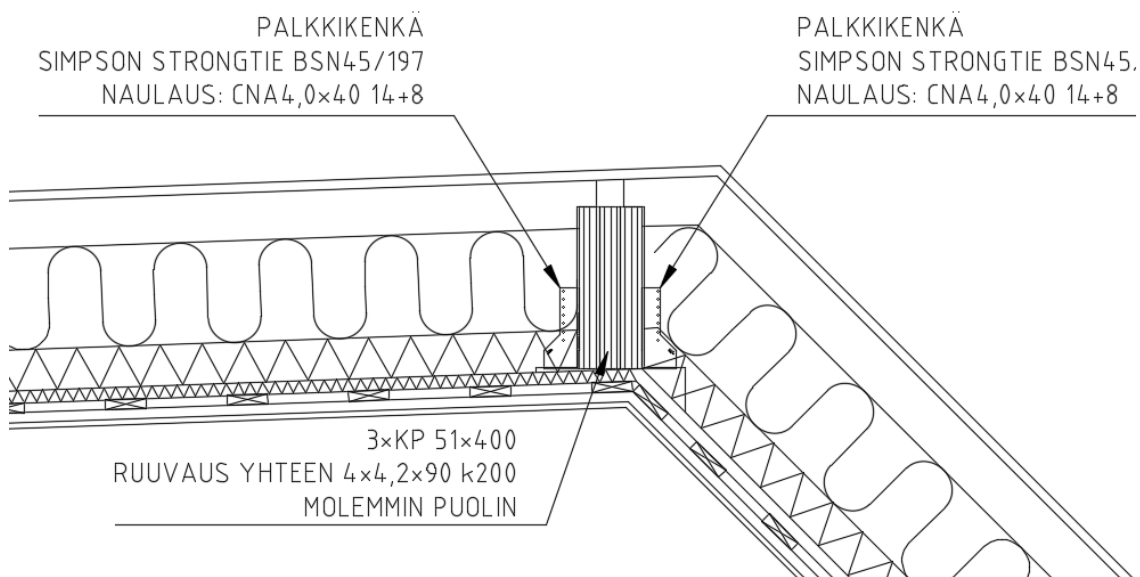


KUVA 26. Havainnekuva NR-palkista. (<http://www.sepa.fi/kattoristikot/vaarnapalkit>)

Harjapalkki tulee kokonaan yläpohjarakenteen sisään, jottei se näy sisätiloihin. Tämä rajoittaa harjapalkin korkeuden maksimissaan 400 mm:iin, jotta harjalle jää tarpeeksi suuri tuuletusrako. Harjapalkki mitoitetaan laskentaohjelmalla ja harjapalkiksi valitaan 3 kappaletta yhteen ruuvattuja 51x400 mm kertopuupalkkeja, jotta taipuma ei ylitä sallittuja

arvoja. Näin harjapalkin mitoitettava poikkileikkaus on 153x400 mm. Ullakkokerroksessa sijaitsevan saunan kohdalla yläpohja ei yllä harjalle asti, joten siltä osin katto toteutetaan pulpettikattona ja NR-palkit ovat molemmista päistään seinän päällä tuella.

NR-palkkien liitos harjapalkkiin toteutetaan palkkikengillä, jotka tulevat harjapalkin kylkiin. NR-palkkien toinen pää tulee kantavan seinän päälle ja se kiinnitetään seinän yläsidepuuhun vahvistettujen kulmalevyjen avulla. Liitoksia mitoitettaessa tarkistetaan puuosien leimapaine eli syysuuntaa vastaan kohtisuora puristus sekä käytettävien palkkikengien liitosten kestävyys. NR-palkkien päälle asennetaan 23 mm paksu raakaponttilaudoitus ja bitumikermi. Bitumikermikate toteutetaan käännetyn katon tavoin kahdella TL2-luokan bitumikermillä. (Kattoliitto ry. 2013. 28; RIL 107-2012. 2012. 92-93.)

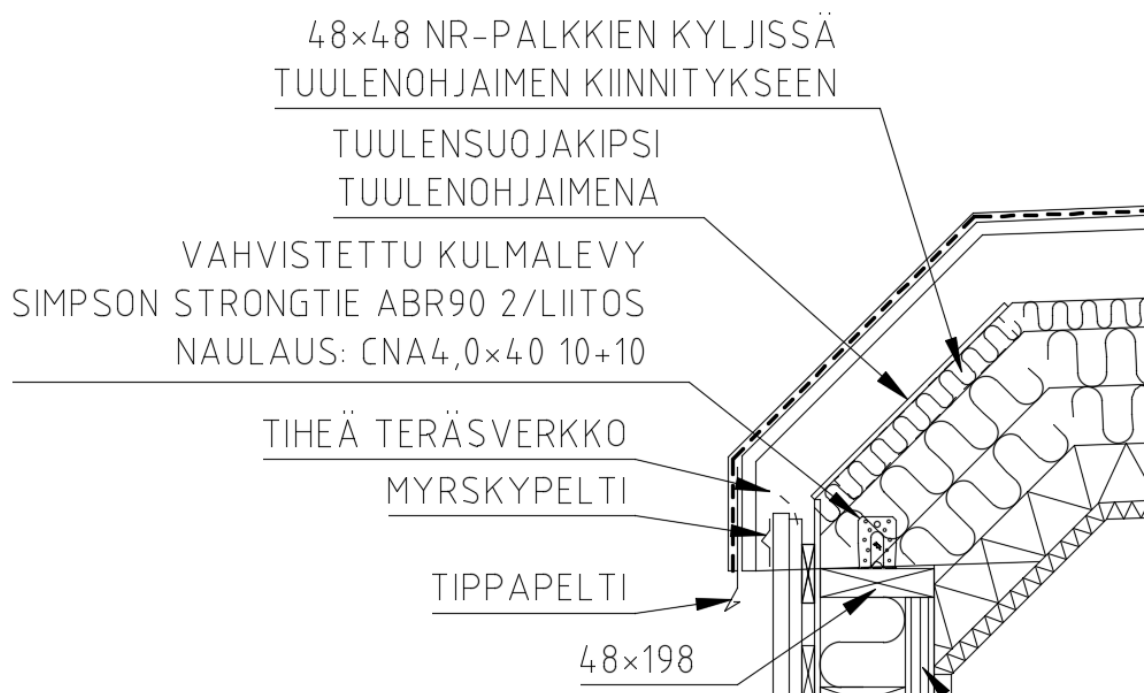


KUVA 27. Pystyleikkaus harjapalkin ja NR-palkkien liitoksesta.



KUVA 28. Vahvistettu kumalevy. (<http://www.strongtie.fi/products/detail/kumalevy-keskivahvistuksella-70-90-105/259>)

Yläpohja tuuletetaan yhteen suuntaan siten, että ilma kiertää NR-palkkien väleissä. Harjapalkin kohdalle jää harjapalkin levyinen vaakakanava ja harjalle asennetaan kolme alipainetuuletinta. Räystäiden pituus jätetään pieneksi mahdollistaen kuitenkin julkisivun ja katon tuuletus.



KUVA 29. Puuyläpohjan räystääs tuulettuvalta sivulta.

Yläpohjan sisäverhous asennetaan höyrynsulkuna toimivan 30 mm polyuretaanilevyn alapintaan. Sauna- ja pesutiloissa sisäverhoukseen käytetään puupaneelia ja porrashuoneessa kipsilevyä. Sisäverhous koolataan arkkitehdin haluamaan korkoon ja kaltevuuteen.

4.6 Rakennuksen jäykistys

Rakennuksen jäykistämällä estetään rakennusta kaatumasta. Tässä opinnäytetyössä suunniteltavassa rakennuksessa pituussuuntainen jäykistys hoidetaan rakennuksen pituussuuntaisilla ulkoseinillä. Leveyssuuntainen jäykistys hoidetaan päätyjen ulkoseinillä, kantavilla väliseinillä ja ontelolaattojen tarpeeksi jäykillä liitoksilla seinälinjaan.

Ontelolaatat jäykistetään yhdeksi kentäksi ontelolaattoja kiertävien rengasterästen ja ontelolaattojen saumoihin tulevien saumaterästen avulla. Tässä opinnäytetyössä rengasteräksinä toimii kaksi 12 mm harjaterästankoa.

Ullakon puurakenteinen yläpohja jäykistetään NR-palkkien väleihin asennettavilla jäykistepuilla ja yläpohjan raakaponttilaudoituksen riittävällä kiinnityksellä. Puurakenteiset seinät jäykistetään levyjäykistyksellä hyödyntäen tuulensuojakipsilevyä.

4.7 Tontin pintavesien poisto

Rakennuspaikan kaltevuudesta johtuen tontille satava vesi valuu osittain rakennuksen ulkoseiniä kohti. Rakennuksen ympärille tehtävät täytöt suunnitellaan toteutettavaksi hyvin vettä läpäisevällä maa-aineksella, jotta pintavedet imeytyvät rakennuksen ympäriltä salaojiin. Salaojat sijoitetaan perustustason alapuolelle koko rakennuksen ympärille. Salaojista vedet puretaan purkukaivoon, johon myös naapuritontin salaojat ohjaavat vettä.

Muu pintavesi, joka ei valu rakennusta päin, ohjataan sadevesiviemäriin. Tontin kalliopinta kaataa Suuruspätkäkadulle, joten suurin osa sadevedestä ohjautuu automaattisesti katualueen sadevesikaivoihin.

Rakennuksen katolle satava vesi ja katoille kertyvän lumen sulamisvesi ohjataan katon vedenpoistojen kautta syöksytorviin. Syöksytorvista vesi ohjataan sadevesiviemäriin, jotka purkavat veden kunnalliseen hulevesiviemäriverkostoon.

5 POHDINTA

Ennen työn aloittamista oli selvää, että kohteen rakennesuunnittelu on haastavaa, mutta vasta työn edetessä todellinen vaikeusaste selvisi. Haasteita tarjosi eritoten maanpaine-seinät, luoteissivun suurten aukkojen ylitykset palkkien rajallisen korkeuden vuoksi ja kuormien kuljettaminen maaperään suuren aukkomäärän takia.

Tässä opinnäytetyössä suunniteltu kohde on pientalo, mutta rakennusmateriaalin painosta ja suurista mittasuhteista johtuen se vastaa kuormituksiltaan pientä kerrostaloa. Tämä näkyi varsinkin perustusten leveydessä. Yleensä pientaloissa selvittää 600-800 mm leveillä seinäanturoilla, kun tässä kohteessa jouduttiin käyttämään jopa 1200 mm leveitä seinäanturoita. Rakennuksen suuresta koosta huolimatta arkkitehti on onnistunut istuttamaan rakennusmassan hyvin, joskin rohkeasti, ympäristöön.

Rakennuksen suuret mittasuhteet näkyvät myös ontelolaatoissa. Lammin Betoni Oy:n suositus ontelolaataksi on P20, joka on korkeudeltaan sama kuin harkot. Ontelolaattojen pitkien jännevälien ja niille tulevien kohtuullisen suurten kuormien vuoksi tässä kohteessa jouduttiin käyttämään P27 ontelolaattoja. Tämä ei varsinaisesti ole ongelma, mutta kustannusvaikutus näkyy toteutuksen hinnassa.

Toinen huomattava asia kustannuksia mietittäessä on lähes jokaisen aukon ylityksen vaatima paikalla valettu teräsbetonipalkki. Mikäli aukkojen yläreunat olisivat osuneet harkkojaolle, rakentaminen olisi osin voitu toteuttaa Lammin liittoprofiilia hyväksikäyttäen. Paikalla valetut palkit vaativat muotti- ja raudoitustyöt, jotka vievät huomattavasti liittoprofiilia enemmän aikaa ja materiaaleja. Teräsbetonipalkkien käyttöä olisi voitu vähentää joko tiputtamalla tai korottamalla aukkojen yläreunojen korkoa 100 mm, mutta tämä ei onnistunut. Taustalla on kohteen rakennusluvan myöntäminen poikkeuslupana sekä arkkitehdin näkemys aukkojen koosta. Toki on huomioitava, ettei kaikkia aukkojen ylityksiä olisi suurten kuormien ja leveiden aukkojen takia voitu kuitenkaan toteuttaa liittoprofiililla.

Rinnetontista johtuen maanpaineseinät olivat välttämättömiä, mutta kerrosten lattiatasoa nostamalla maanpaineisien korkeus olisi saatu maltillisemmaksi. Kovin paljoa lattiatasoja ei kuitenkaan olisi ollut mahdollista nostaa, sillä ajoluiska tieltä autotalliin olisi tullut

liian jyrkäksi. Toinen tapa pienentää maanpainetta olisi ollut vaihtaa osa täyttöihin käytettävästä maa-aineksesta kevyempään, mutta yhtä hyvin vettä läpäisevään materiaaliin. Yksi tällainen vaihtoehto olisi ollut kevytsoratäyttö. Toisaalta maanpaineeseenä saatiin kuitenkin suunniteltua toteutuskelpoisesti ja ilman pilastereita suurempia ongelmia, joten tämän opinnäytetyön tekijän oppimisen kannalta ne olivat erinomainen asia.

Kohde on tämän opinnäytetyön tekijälle ensimmäinen harkoista rakennettava suunnittelukohde. Kohteen haastavuus ja monipuolisuus oli jälkikäteen ajateltuna erittäin hyvä asia, sillä seuraava suunniteltava harkkotalo tulee tuskin olemaan yhtä monimuotoinen ja -puolinen kuin tämä, joten sen suunnittelussa asiat ovat jo huomattavasti tutumpia ja sitä kautta helpompia.

Opinnäytetyön tavoitteet saavutettiin, sillä työn tekijän tuottamien rakennepiirustusten perusteella kohteen rakentaminen onnistuu. Piirustuksista osa julkaistaan tämän opinnäytetyön liitteenä tekijän ja toimeksiantajan sopimuksen mukaan. Suunnittelutyö eteni koko prosessin ajan hyvässä yhteishengessä niin arkkitehdin kuin muidenkin osallistuvien tahojen kanssa. Sekä tämän opinnäytetyön tekijä että toimeksiantaja olivat tyytyväisiä työn lopputulokseen.

LÄHTEET

Betoniteollisuus Ry. Elementtisuunnittelu. Ontelolaatat. Luettu 2.4.2017.
<http://www.elementtisuunnittelu.fi/fi/runkorakenteet/laatat/ontelolaatat>

Kattoliitto ry. Toimivat katot. 2013. Helsinki. Tulostettu 9.4.2017. http://www.katto-liitto.fi/files/504/Toimivat_Katot_2013_reduced_size_.pdf

Lammin Betoni Oy. Rakennuskivet. Luettu 2.4.2017. <http://www.lamminbetoni.fi/fi/rakennuskivet>

Lammin Betoni Oy. 2011. Väliseinäkiven suunnittelu- ja työohjeet. Luettu 1.4.2017.
http://www.lamminbetoni.fi/documents/10228/20026/vksuun-tyo_6.2.2012.pdf/326cfa5f-32fb-486b-b0a2-0833ee02a65d

Lammin Betoni Oy. 2011. Ladottavien muottiharkkojen suunnitteluohjeet. Luettu 1.4.2017. http://www.lamminbetoni.fi/documents/10228/20026/mhsuun_vihko.pdf/c3ab92a2-5916-460f-af33-a59a9c424ad8

Lammin Betoni Oy. 2013. Lammi-lämpökivien LL500, LL400 & EMH300 suunnitteluohjeet. Luettu 1.4.2017. <http://www.lamminbetoni.fi/documents/10228/20026/L%C3%A4mp%C3%B6kivet+suunnitteluohje+2013-3.pdf/a73c51b8-8c34-4d6e-a8c8-3ee88efelce5>

Lammi-Perustus Oy. TASSU anturamuotti. Luettu 5.4.2017 <http://lammi-perustus.fi/tuotteet/tassuanturamuotti/>

Parma Oy. 2013. Parman ontelolaatatot. Suunnitteluohje. Tulostettu 29.3.2017.
http://www.parma.fi/images/files/downloads/PARMA_ontelolaatatot_suunnitteluohje_031213.pdf

RakMK B9. Betoniharkkorakenteet. 1993. Ohjeet. Helsinki. Ympäristöministeriö.

RIL 107-2012. Rakennusten veden- ja kosteudeneristysohjeet. 2012. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

RIL 201-1-2011. Suunnitteluperusteet ja rakenteiden kuormat. 2011. Helsinki. Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry.

Tampereen Kaupunki. Suunnittelupalvelut. Ajantasa-asemakaava. Luettu 1.4.2017.
<http://www.tampere.fi/asuminen-ja-ymparisto/kaavoitus/asemakaavoitus/ajantasa-asemakaava.html>

LIITTEET

Liite 1. Arkkitehdin piirustukset

HUONEISTOALA	9 m ²
NETTOALA	162 m ²
KERROSALA 250mm RAKENTEELLA	10 m ²
KERROSALA	10 m ²
BRUTTOALA	190 m ²

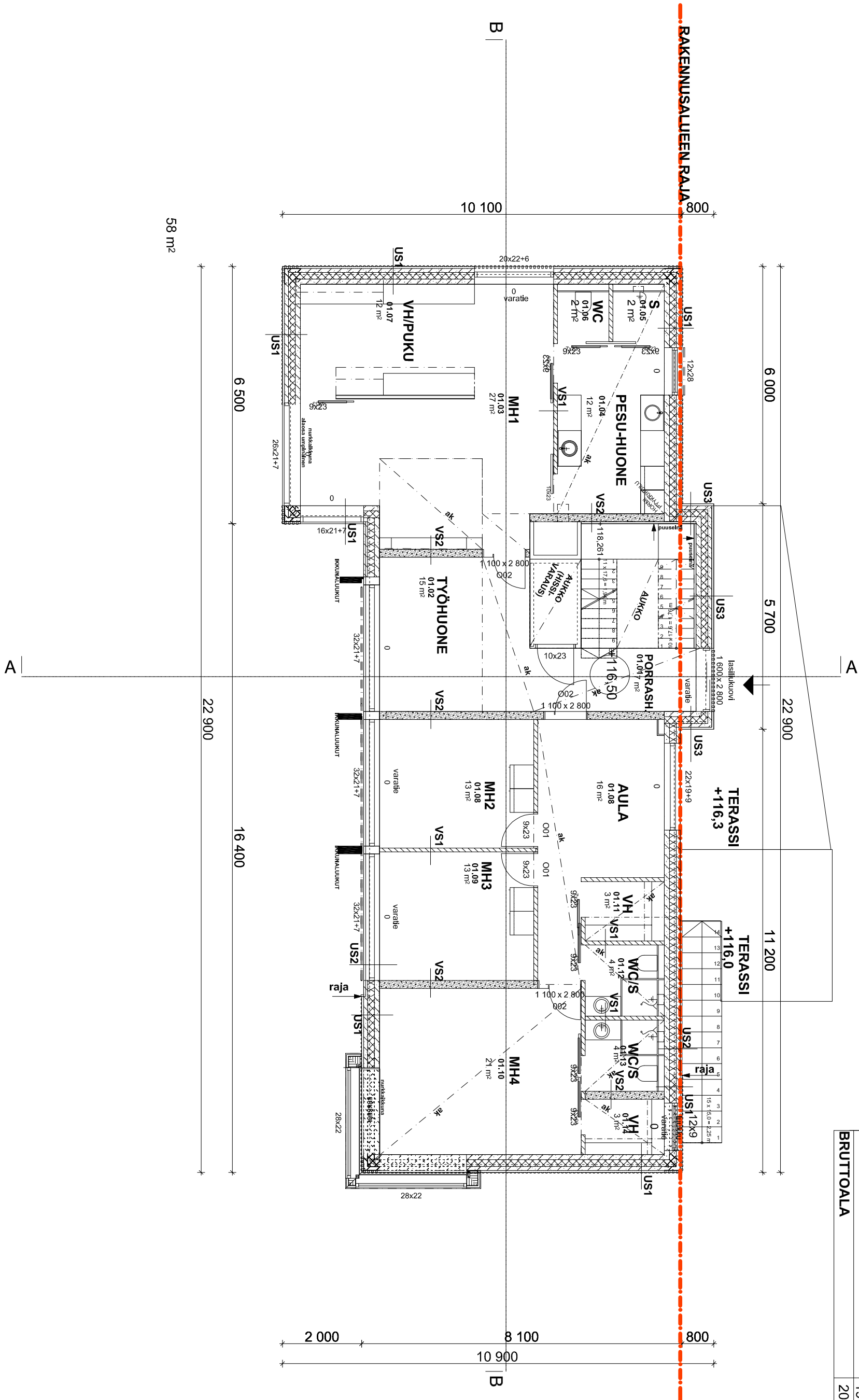
AUTOTALLI	64 m2
ASUINTILAT	97 m2



KANTAVAT RAKENTEET,
PERUSTUKSET, ROUTAERISTEET, RADONTUULETUS JA
SALAOJAT ERILLISTEN RAKENNESUUNNITELMIEN
MUKAN

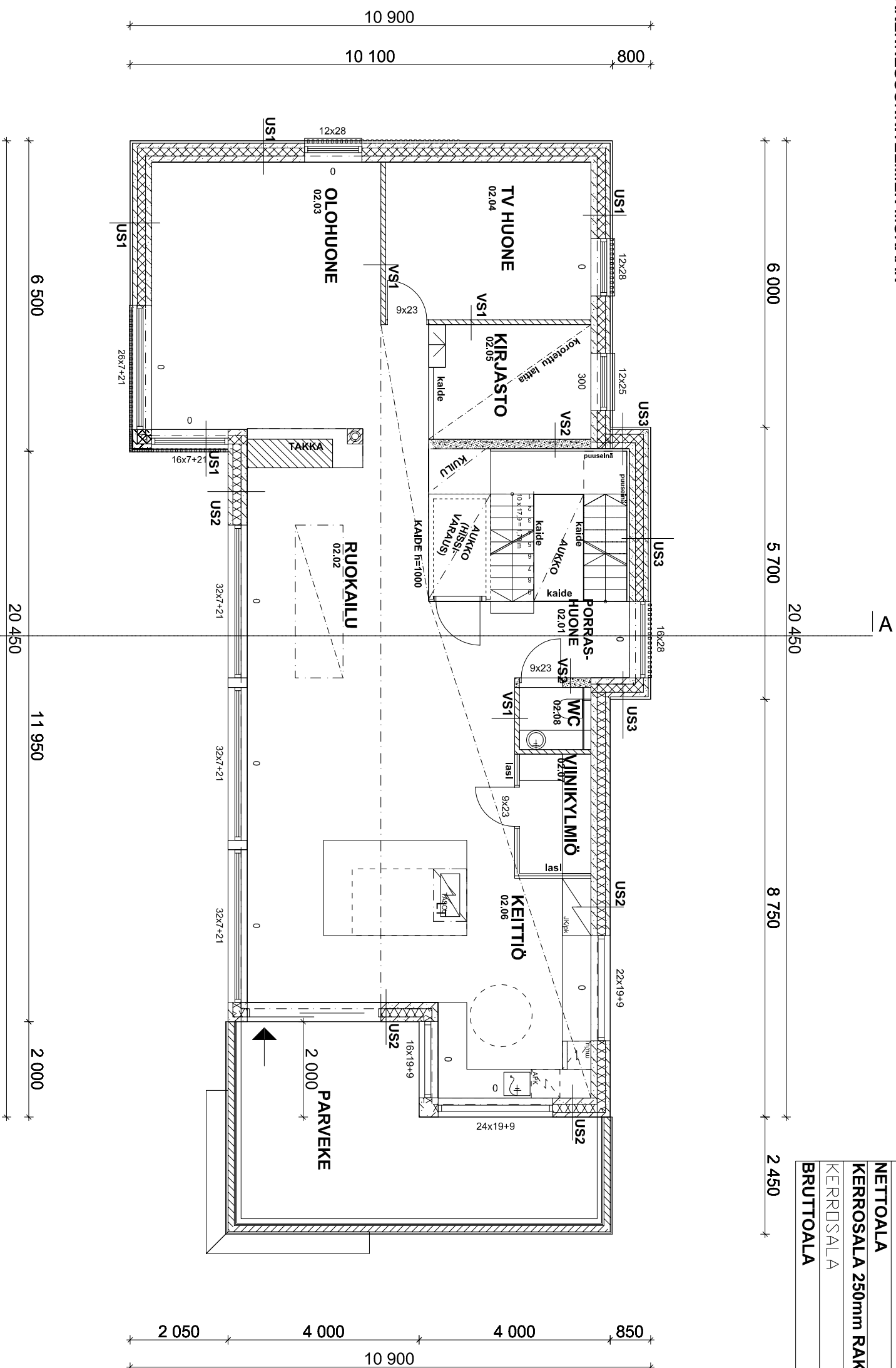
KAIKKI IKKUNAT JA LASIOVET JOIDEN ALAREUNA <700mm VARUSTETAAN MÄÄRÄYSTEN MUKAISLLA TURVALASEILLA

HUONEISTOALA	157 m ²
NETTOALA	173 m ²
KERROSALA 250mm RAKENTEELLA	184 m ²
KERROSALA	197 m ²
BRUTTOALA	202 m ²



KANTAVAT RAKENTEET,
PERUSTUKSET, ROUTAERISTEET, RADONTUULETUS JA
SALAOJAT ERILLISTEN RAKENNESUUNNITELMIEN MUKAAN

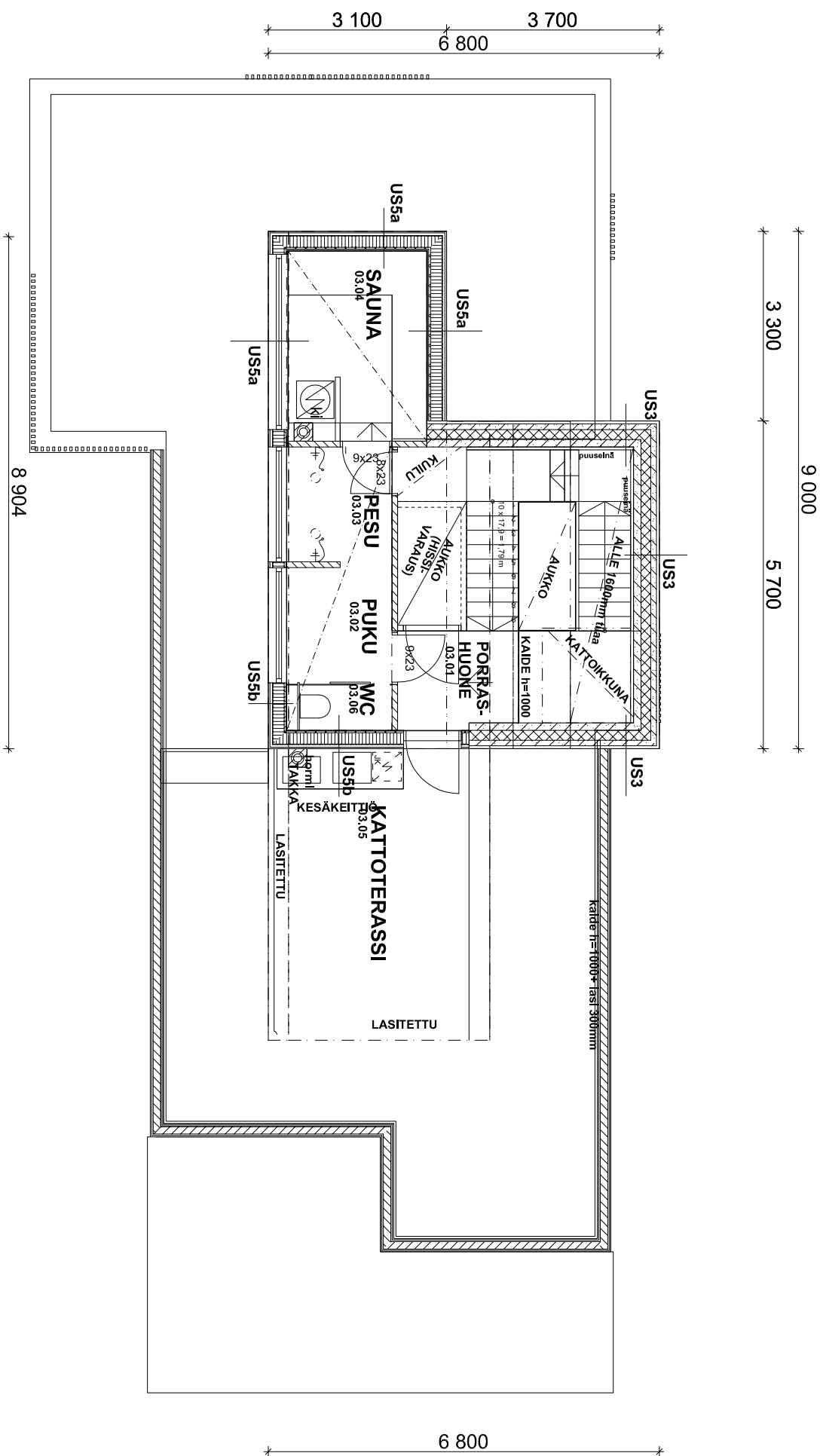
HUONEISTOALA	134 m ²
NETTOALA	148 m ²
KERROSALA 250mm RAKENTEELLA	
KERROSALA	162 m ²
BRUTTOALA	173 m ²



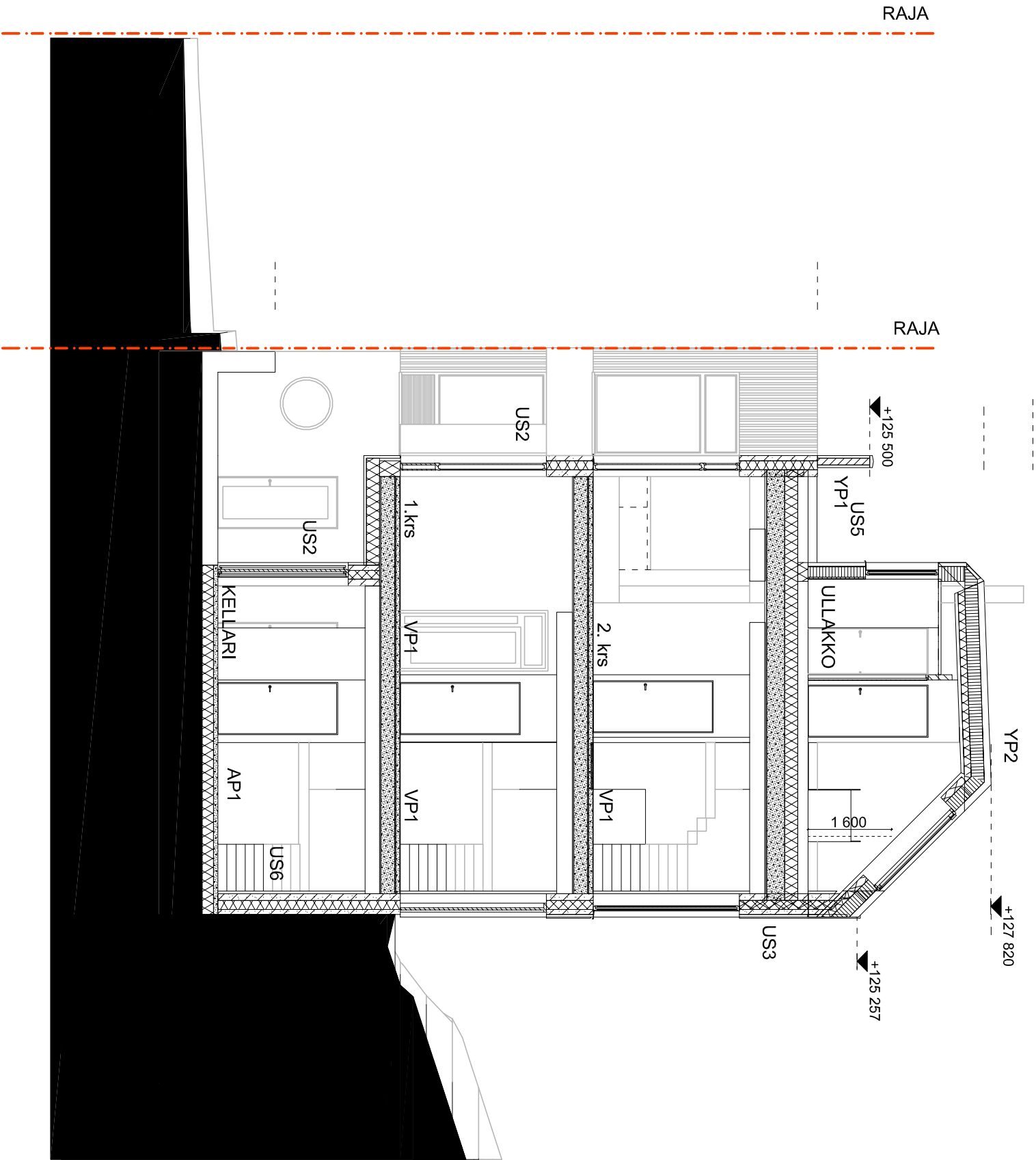
KANTAVAT RAKENTEET,
PERUSTUKSET, ROUTAERISTEET, RADONTUULETUS JA
SALAOJAT ERILLISTEN RAKENNESUUNNITELMIEN
MUKAAN

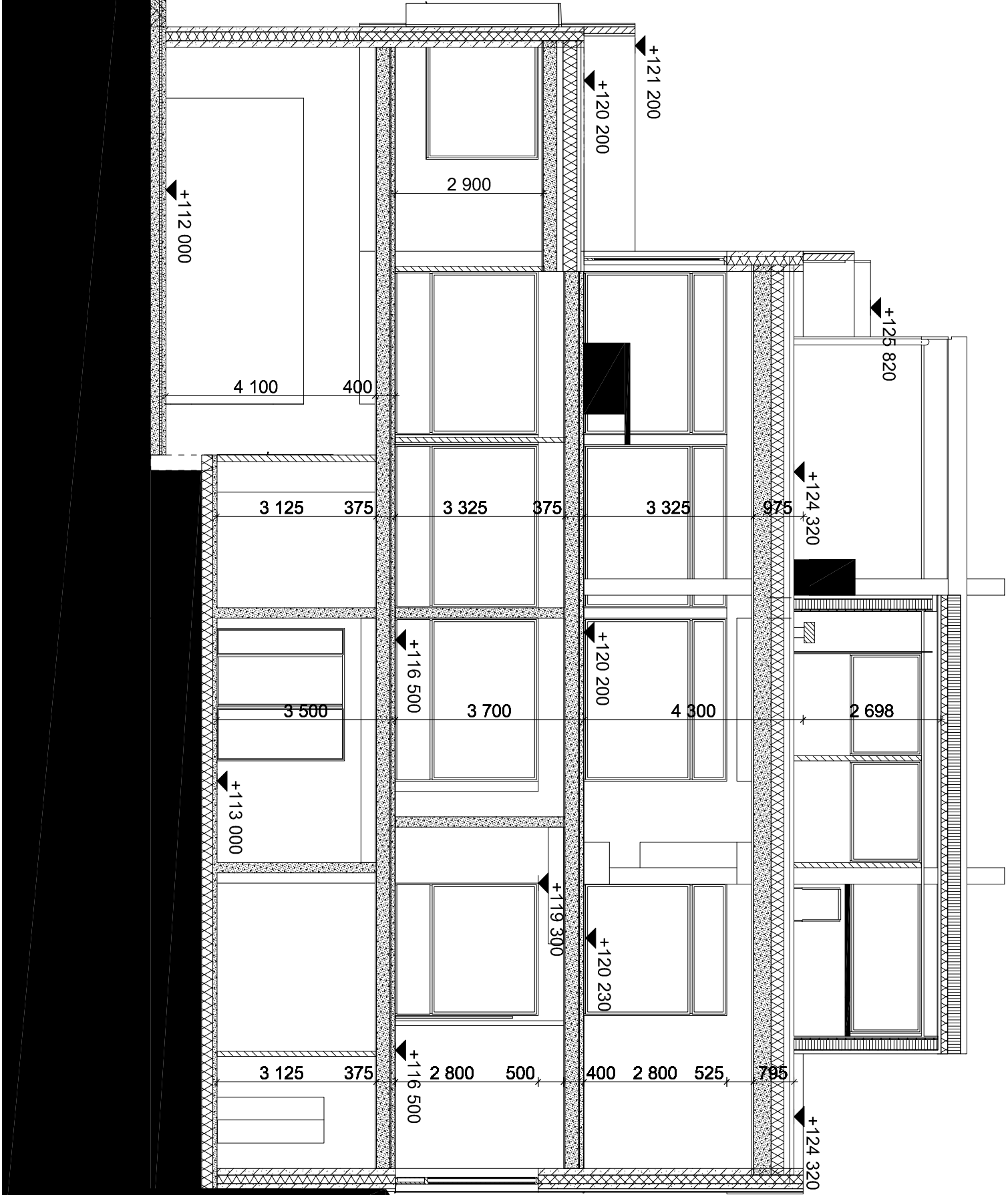
KAIKKI IKKUNAT JA LASIOVET JOIDEN ALAREUNA <700mm VARUSTETAAN MÄÄRÄYSTEN MUKAISLLA TURVALASEILLA

HUONEISTOALA	21 m2
NETTOALA	38 m2
KERROSALA 250mm RAKENTEELLA	
KERROSALA	35 m2
BRUTTOALA	49 m2



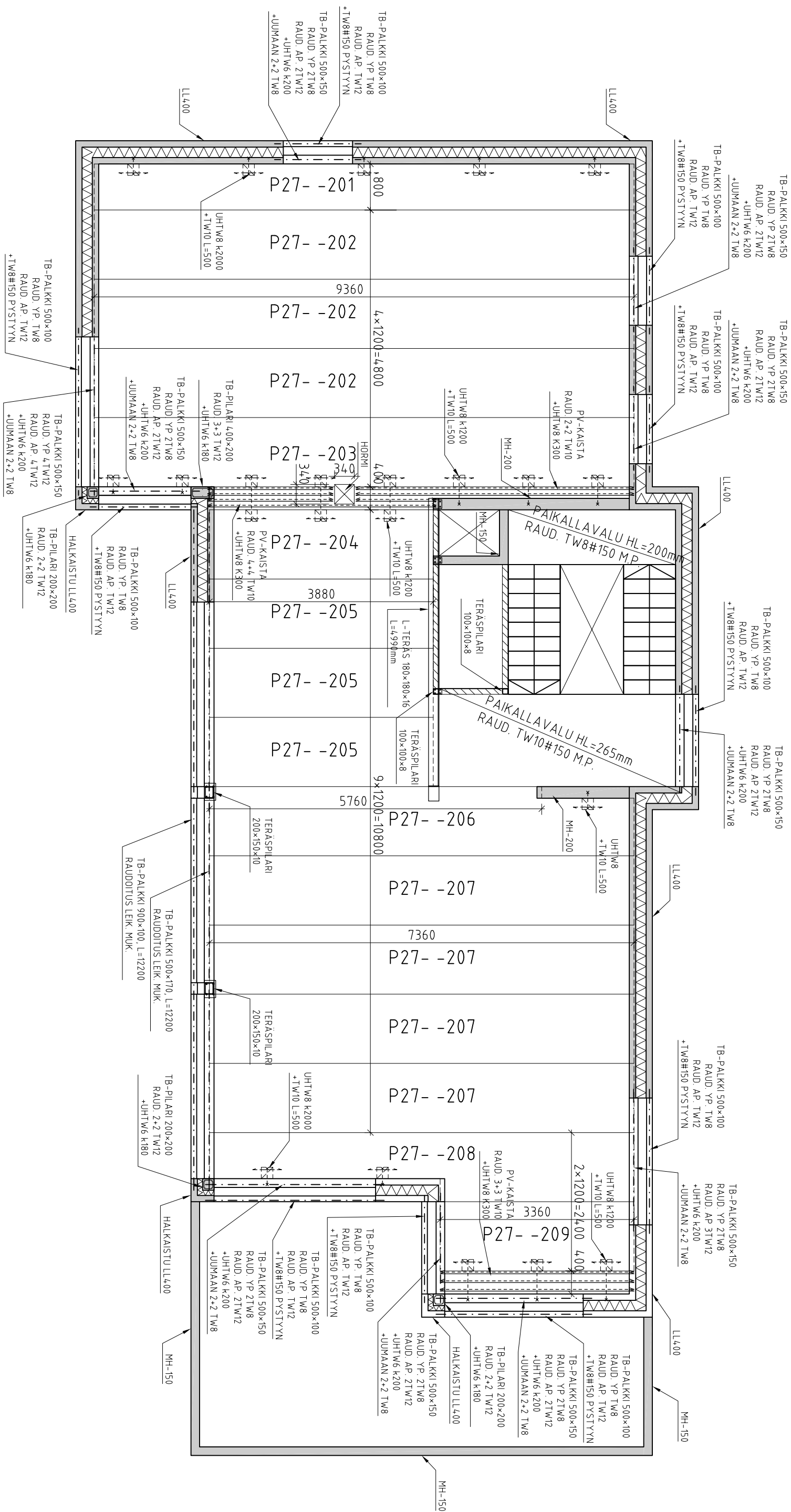
LOUHINTA, KANTAVAT RAKENTEET, PERUSTUKSET,
ROUTAERISTEET, SALAOJITUS JA RADON-TUULETUS
RAKENNESUUNNITELMIEN MUKAAN





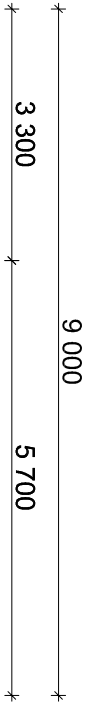
Liite 2. Sopimuksen mukaan julkaistavat rakennekuvat

2. KRS PYSTYRAKENTEET, KATTO JA ULLAKON LATTIA/VESIKATTO



KANTAVAT RAKENTEET,
PERUSTUKSET, ROUTAERISTEET, RADONTUULETUS JA
SALAOJAT ERILLISTEN RAKENNESUUNNITELMIEN
MUKAAN

KAIKKI IKKUNAT JA LASIOVET JOIDEN ALAREUNA <700mm VARUSTETAAN MÄÄRÄYSTEN MUKAISILLA TURVALASEILLA



HUONEISTOALA	21 m²
NETTOALA	38 m²
KERROSALA 250mm RAKENTEELLA	
KERROSALA	35 m²
BRUTTOALA	49 m²

